

**STUDI PENGARUH ORIENTASI SERAT PADA
KOMPOSIT BALISTIK BERBAHAN SERAT RAMI
(*BOEHMERIA NIVEA*) DAN SERAT PISANG ABAKA
(*MUSA TEXTILIS*) TERHADAP REDAMAN ENERGI
IMPAK PROYEKTIL**

SKRIPSI

Oleh:

ANGGA PRATAMA CAHYA ADI NUGRAHA

135090301111034



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2017**

**STUDI PENGARUH ORIENTASI SERAT PADA
KOMPOSIT BALISTIK BERBAHAN SERAT RAMI
(*BOEHMERIA NIVEA*) DAN SERAT PISANG ABAKA
(*MUSA TEXTILIS*) TERHADAP REDAMAN ENERGI
IMPAK PROYEKTIL**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Oleh:

**ANGGA PRATAMA CAHYA ADI NUGRAHA
135090301111034**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2017**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**Studi Pengaruh Orientasi Serat Pada Komposit Balistik
Berbahan Serat Rami (*Boehmeria Nivea*) dan Serat Pisang
Abaka (*Musa Textilis*) Terhadap Redaman Energi Impak
Proyektil**

Oleh:

**ANGGA PRATAMA CAHYA ADI NUGRAHA
135090301111034**

**Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji pada
Tanggal
dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Sains dalam bidang Fisika**

Pembimbing I

Pembimbing II

Dra. Lailatin Nuriyah, M. Si.
NIP. 195606171986022001

Gancang Saroja, S.Si, M.T
NIP. 197711182005011001

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Brawijaya**

Prof.Dr.rer.nat. Muhammad Nurhuda
NIP. 196409101990021001

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : ANGGA PRATAMA CAHYA A N

NIM : 135090301111034

Jurusan : FISIKA

Penulis Skripsi berjudul : Studi Pengaruh Orientasi Serat Pada Komposit Balistik Berbahan Serat Rami (*Boehmeria Nivea*) dan Serat Pisang Abaka (*Musa Textilis*) Terhadap Redaman Energi Impak Proyektil

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain. Nama-nama yang termaksud di isi dan tertulis di daftar pustaka digunakan sebagai referensi pendukung dalam skripsi ini.
2. Apabila di kemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 16 November 2017
Yang menyatakan,

ANGGA PRATAMA CAHYA ADI NUGRAHA
135090301111034

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

STUDI PENGARUH ORIENTASI SERAT PADA KOMPOSIT BALISTIK BERBAHAN SERAT RAMI (*BOEHMERIA NIVEA*) DAN SERAT PISANG ABAKA (*MUSA TEXTILIS*) TERHADAP REDAMAN ENERGI IMPAK PROYEKTIL

ABSTRAK

Penggunaan serat sintetis sebagai bahan antipeluru memiliki dampak negatif pada lingkungan karena bahan ini sulit terdegradasi dan tidak dapat didaur ulang. Pemanfaatan serat pisang Abaka (*musa textilis*) dan serat rami (*boehmeria nivea*) adalah salah satu upaya untuk mengatasi dampak tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui potensi serat pisang Abaka dan serat rami sebagai bahan antipeluru. Metode pada penelitian ini digunakan metode *hand lay up*. Komposit ini dibuat dengan cara mencampur *filler* yaitu serat Abaka dan serat rami yang dianyam (*woven*) dengan Matriks resin epoksi, kemudian dicetak pada cetakan dan dikeringkan pada suhu ruang. Komposit yang dibuat menggunakan 5 variasi orientasi anyaman yaitu komposit dengan orientasi A, B, C, D dan E. Pada penelitian ini ditekankan pada kekuatan tarik bahan komposit dengan berbagai orientasi anyaman serat yang digunakan, sehingga, diharapkan bahan komposit memiliki nilai kuat tarik yang tinggi dan mampu meredam energi impact dari proyektil level II-A. Hasil penelitian menunjukkan nilai kuat tarik (*untimate tensile strenge*) tertinggi pada orientasi E sebesar 52 ± 4 MPa dan nilai kuat tarik terendah pada orientasi B sebesar 35 ± 3 MPa, sementara itu, hasil uji tembak menunjukkan bahwa semua panel komposit berhasil ditembus oleh proyektil yang ditembakkan pada jarak 5m.

Kata kunci: komposit, serat rami, serat pisang Abaka, uji tarik

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**STUDY ON THE EFFECT OF FIBER ORIENTATION OF
BALLISTIC COMPOSITE BASED RAMI FIBER
(*BOEHMERIA NIVEA*) AND ABACCA (*MUSA TEXTILIS*)
FIBER AGAINST IMPACT ENERGI ATTENUATION
PROJECTILES**

ABSTRACT

The uses of synthetic fiber as bulletproof material have negative impact to environment because of hard degradation process and non-reusable. The use of abaka (*musa textilis*) banana and ramie (*boehmeria nivea*) fiber is one of the ways to solve that problem. . The purpose of this research is to know the potential of Abaka banana fiber and ramie fiber as bulletproof material. The method that used in this research is hand lay up method. The composite was made by mixing the banana abaka and woven ramie fiber as filler with epoxy resin matrix, then molded and dried at room temperature. The composite was made using 5 variations of woven orientation, A, B, C, D, and E. This research focus on the tensile strength of the composite with variations of woven fiber orientation and it expected to have high tensile strength and it can handle the impact energy of level II-A projectile. The results shows that the highest tensile strength is obtained by E orientation, 52 ± 4 MPa and the lowest tensile strength in B orientation, 35 ± 3 MPa. The shooting test show that all composite panels are penetrated by the projectile that shoot from 5 m.

Keyword: Composite, ramie fiber, abaka fiber, tensile strenge

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi sesuai dengan waktu yang telah direncanakan. Shalawat dan salam kami haturkan kepada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga dan para sahabatnya. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dalam bidang Sains Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya. Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah mendukung dan membantu penelitian ini khususnya kepada:

1. Bapak Prof.Dr.rer.nat. Muhammad Nurhuda selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya dan sekaligus dosen pembimbing akademik sejak semester 1 hingga semester 8 yang selalu memberikan arahan serta motivasi.
2. Ibu Dra. Lailatin Nuriyah, M. Si selaku pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu dan pikiran, serta memberi arahan selama penelitian ini.
3. Bapak Gancang Saroja,S.Si, M.T selaku pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu dan pikiran, serta arahan dalam penulisan skripsi ini.
4. Hasanudin (Bapak), Fitriati (Ibu) dan ketiga adik penulis yaitu Teguh Dwi Santoso, Ibnu Tri Kurniawan dan Hafifah Hasan Farawangsa yang selalu memberikan motivasi, semangat dan doa dari masa perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir ini.
5. Seluruh Dosen, Staf dan Karyawan jurusan Fisika yang telah memberikan pendidikan dan bantuan selama di jurusan Fisika FMIPA UB.
6. Mas Endra yang telah membantu dalam pengujian tembak.
7. Alif Jati Santoso, I Made Manik sebagai tim penelitian yang selalu memberi masukan, motivasi dan semangat untuk mengerjakan tugas akhir ini.
8. Teman-teman FISIKA angkatan 2013 khususnya keluarga Fisika Material 2013 yang setia memberikan semangat.
9. Ilsi Prasetyaningsih, Risma Chikita Pratama, Endah Tri W, April Ratna N, Merry Hastiani yang telah memberikan motivasi dan semangat dalam menyelesaikan penelitian ini.

10. Teman-teman Himawarkop yang sebagai sahabat-sahabat yang yang sudah menemani penulis dalam menjalani perkuliahan di Malang dan memberikan motivasi.

Penulis menyadari bahwa penulisan ini masih terdapat kekurangan baik dalam penyusunan, bahasa dan penyajian penjelasannya. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik dari pembaca sehingga dapat memberikan perubahan ke arah yang lebih baik. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Malang, 7 November 2017

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Komposit	5
2.2 Serat Alam	6
2.2.1 Serat Rami	7
2.2.2 Serat Pisang Abaka	8
2.3 Resin Epoksi.....	10
2.4 Perlakuan Kimia	10
2.4.1 Perlakuan Alkali	10
2.4.2 Perlakuan <i>Silane</i>	12
2.5 Orientasi Serat Dalam Komposit.....	13
2.6 Pengujian Mekanik Serat.....	14
2.7 Pengujian Mekanik Komposit	15
2.8 Pengujian Balistik.....	17
2.9 Perhitungan Energi Redaman	18
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian.....	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.3 Alur Penelitian.....	21
3.3.1 Studi Literatur	21

3.3.2 Proses pembuatan komposit tahan peluru	22
3.3.3 Pengujian komposit.....	27
3.3.4 Skema Pengujian Balistik	28
3.3.5 Analisis Hasil Uji Balistik.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil Pembuatan Anyaman.....	31
4.2 Komposit Hasil Eksperimen	31
4.3 Hasil Pengujian Sifat Mekanik Komposit	33
4.4 Grafik Tegangan (<i>stress</i>) dan Regangan (<i>strain</i>) Uji Tarik...	35
4.5 Pembahasan Hasil Uji Tarik	36
4.7 Pembuatan Panel Komposit.....	39
4.8 Pembahasan Hasil Uji Tembak.....	43
BAB V PENUTUP	48
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	51
A. lampiran Hasil Uji Tarik.....	55
B. Lampiran Kurva Hasil Uji Tarik Tiap Orientasi	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Susunan dasar pembentukan komposit lembaran.....	13
Gambar 2.2 Arah nyaman	14
Gambar 2.3 Kurva tegangan-regangan dari benda uji terbuat dari baja ulet	15
Gambar 2.4 Spesimen Uji Tarik.....	17
Gambar 2.5 Skema pengujian bahan tahan peluru	18
Gambar 3.1 Alur penelitian	21
Gambar 3.2 Tahapan proses pembuatan komposit.....	22
Gambar 3.3 Proses Perendaman Dengan NaOH	22
Gambar 3.4 Jarak anyaman serat.....	23
Gambar 3.5 Orientasi serat rami dan serat pisang Abaka	24
Gambar 3.6 Susunan anyaman pada komposit serat rami dan pisang Abaka.....	25
Gambar 3.7 Tahapan pengambilan data.	27
Gambar 3.8 Skema pengujian tembak.....	28
 Gambar 4.1 (a) Hasil anyaman serat rami, (b) hasil anyaman serat pisang	31
Gambar 4.2 Sampel komposit hasil eksperimen orientasi A, orientasi B, orientasi C, orientasi D,orientasi E.....	33
Gambar 4.3 Bentuk spesimen uji tarik	34
Gambar 4.4 Kurva tegangan-regangan tiap orientasi	35
Gambar 4.5 Nilai kuat tarik tiap orientasi	38
Gambar 4.6 Grafik hasil uji tembak	43
Gambar 4.7 Hasil uji tembak panel	44
Gambar 4.8 Skema terjadinya kerusakan	45
Gambar 4.9 Ilustrasi redaman energi impak.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat fisika serat rami dalam keadaan standar.....	7
Tabel 2.2 Sifat Mekanik Serat Rami.....	8
Tabel 2.3 Kandungan kimia serat alam	9
Tabel 2.4 Sifat Mekanis Serat Alam.....	9
Tabel 2.5 Sifat mekanik resin epoksi.....	10
Tabel 2.6 <i>Physical and mechanical properties of ramie-treated</i>	12
Tabel 4.1 Perbandingan fraksi massa pembuatan komposit tahap I.	32
Tabel 4.2 Nilai pengukuran kuat tarik pada tiap orientasi komposit	34
Tabel 4.3 Susunan anyaman panel komposit.....	39
Tabel 4.4 Hasil perbandingan fraksi massa <i>filler</i> dan matriks panel	39
Tabel 4.5 Balistik level standar NIJ.....	41
Tabel 4.6 Hasil pengujian tembak panel komposit.....	41
Tabel 4. 7 Kekuatan fisik dan Mekanik kayu Akasia	42

DAFTAR LAMPIRAN

A. 1 Nilai pengukuran kuat tarik pada komposit orientasi A .	55
A. 2 Nilai pengukuran kuat tarik pada komposit orientasi B .	55
A. 3 Nilai pengukuran kuat tarik pada komposit orientasi C .	56
A. 4 Nilai pengukuran kuat tarik pada komposit orientasi D .	56
A. 5 Nilai pengukuran kuat tarik pada komposit orientasi E .	56
B. 1 Kurva Uji Tarik Orientasi A	57
B. 2 Kurva Uji Tarik Orientasi B	57
B. 3 Kurva Uji Tarik Orientasi C	58
B. 4 Kurva Uji Tarik Orientasi D	58
B. 5 Kurva Uji Tarik Orientasi E	59

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini penggunaan material sebagai panel tahan proyektil peluru terbuat dari bahan logam dan serat sintetis seperti *aromatic polyamides*, *Kevlar*, *Twaron*. Kelebihan dari serat sintetis ini adalah nilai kuat tarik (*tensile streng*) yang besar sehingga mampu menahan energi yang dihasilkan dari benturan balistik, namun demikian serat sintetis dengan bahan *fiberglass* memiliki kelemahan yaitu bahan ini sulit untuk terdegradasi, tidak dapat didaur ulang dan bahan-bahan ini sulit didapat dipasaran.

Bahan alternatif pengganti bahan logam dan serat sintetis seperti komposit serat alam lebih efisien karena keunggulannya yaitu beratnya yang ringan, *Biodegradable*, harga murah dan dapat diperbaharui. Paduan serat alam dengan resin menjadi bahan komposit memiliki keuntungan lain yaitu meningkatnya sifat mekanik karena kekuatan ikat yang baik (Wang dkk, 2003).

Klemens (2009) mengembangkan komposit berbahan dasar serat pisang Abaka dan resin epoksi dikombinasikan dengan keramik untuk panel tahan peluru level IIIA, selanjutnya Heru santoso dan Soekrisno (2009) mengembangkan panel komposit berbahan serat rami untuk *National Institute of Justice* (NIJ) level II, IIA, dan IV. Komposit balistik dengan menggunakan serat alam mampu menahan energi dari proyektil peluru dengan cara mengabsorpsi dan mendispersi energi dari benturan, menyebabkan peluru akan terdeformasi ke bentuk pesek/cendawan (*mushroom*).

Serat rami (*Boehmeria nivea*) merupakan tanaman yang memiliki kandungan serat yang tinggi. Pemanfaatan serat rami di Indonesia pada saat ini hanya sebatas sebagai bahan dasar pembuatan pakaian, kertas dan alat rumah tangga yang sederhana dan murah. Tentunya akan mempunyai nilai lebih, jika serat tersebut dapat digunakan untuk menggantikan serat non alam yang selama ini masih diimpor dari luar negeri sebagai penguat material komposit. Bahkan pusat riset Daimler Chrysler di Eropa mengungkapkan bahwa serat alam mempunyai potensi yang kuat

dalam industri otomotif jika dibandingkan dengan serat gelas, karena harganya murah dan ringan (Peijs, 2002).

Pohon pisang Abaka (*Musatextile*) adalah tumbuhan keluarga pisang yang berasal dari Filipina. Tanaman Abacca tumbuh subur didaerah tropis termasuk kawasan Indonesia dengan ketinggian 30-1000 mdpl, dan curah hujan minimal 2000 mm. Serat pisang Abacca mempunyai sifat fisik yang kuat dan tahan lembab dan air asin sehingga baik digunakan sebagai bahan pembuat tali kapal laut, karena kuat, mengapung diatas air, dan tahan garam (Klemens, 2009).

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan komposit dengan bahan dasar serat alam sebagai bahan panel antipeluru.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka dapat dibuat rumusan masalah pada penelitian sebagai berikut :

- 1 Bagaimana membuat komposit balistik dari bahan serat rami dan serat pisang Abaka?
- 2 Bagaimana sifat mekanik dari komposit yang dihasilkan?
- 3 Bagaimana pengaruh orientasi serat pada komposit balistik terhadap redaman energi impak proyektil?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalah sebagai berikut :

- 1 Peluru yang digunakan untuk pengujian tembak terbatas.
- 2 Diameter dan lilitan pada pembuatan benang tenun (*yarn*) diabaikan.
- 3 Proses pembuatan anyaman *filler* dilakukan secara manual.

1.4 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

- 1 Mengetahui serta mempelajari cara pembuatan komposit balistik menggunakan serat pisang Abaka dan serat rami.
- 2 Mengetahui sifat mekanik komposit.

- 3 Mengetahui dan mempelajari pengaruh orientasi serat pada komposit balistik terhadap redaman energi impak royektil.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memperoleh bahan alternatif sebagai material tahan peluru menggunakan serat alam yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Komposit merupakan material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuknya melalui pencampuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. (Sriwita dan Astuti, 2014). Pendapat lain tentang komposit yaitu bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan komposit terbagi atas dua bagian besar, yaitu *reinforcement* (penguat) dan *matriks* (pengisi). Klemens (2009).

Keuntungan menggunakan bahan komposit diantaranya (Schwartz, 1997):

- Bobot ringan
- Mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik
- Biaya produksi murah
- Tahan korosi

Pemanfaatan dan penggunaan komposit telah berkembang pesat dan meluas di tanah air ini. Komposit banyak dimanfaatkan dalam peralatan rumah tangga dan sektor industri baik industri kecil maupun industri besar. Hal ini disebabkan karena komposit memiliki beberapa keunggulan tersendiri dibandingkan bahan teknik alternatif lainnya seperti bahan komposit lebih kuat, tahan terhadap korosi, lebih ekonomis, dan sebagainya.

Komposit terbagi atas dua bagian besar, yaitu penguat (*reinforcement*) dan pengisi (*Matriks*). (Anonim, 2017).

a. Penguat (*reinforcement*)

Reinforcement berfungsi sebagai penguat atau kerangka dari suatu komposit. Biasanya *reinforcement* ini berupa *fiber*, maupun logam, yang memiliki fase diskontinyu. Berikut ini adalah beberapa *reinforcement* yang paling banyak

digunakan : *Glass fiber, Flakes, Aramid, Short Inorganic Fiber, Organic Fiber*, Absbestos, Kertas Katun, linen, Nylon, Boron, karbon, grafit, serat keramik, dan lain-lain.

b. Pengisi (*Matriks*)

Matriks berfungsi untuk menjaga *reinforcement* agar tetap pada tempatnya didalam struktur, membantu distribusi beban, melindungi *filament* di dalam struktur. Mengendalikan sifat elektrik dan kimia dari komposit, serta membawa regangan interlaminar. Matriks yang paling umum dipakai adalah logam, keramik dan polimer, baik polimer thermoset, maupun polimer termoplast. Sifat-sifat dari Matriks yaitu kekuatan ikat yang baik, ketangguhan yang baik, tahan terhadap temperatur, sifat mekanis yang baik.

2.2 Serat Alam

Menurut Wona (2015), serat alam sebagai *filler* komposit mulai banyak digunakan dalam bidang rekayasa material. Penggunaan serat alam sebagai bahan penguat material komposit karena serat alam mudah didapat, harganya murah, jenis dan variasinya banyak. Salah satu serat alam yang dapat digunakan sebagai penguat komposit adalah serat pohon Rami dan serat pohon Flax. Pohon rami dipilih karena banyak tumbuh liar yang tersebar luas di Indonesia yang saat ini pemanfaatannya belum banyak digunakan oleh manusia, penulis ingin memanfaatkan yang lebih jauh untuk serat pohon rami dan pisang Abaka ini sebagai bahan baku pembuatan komposit sebagai pengganti serat sintetik yang telah banyak digunakan dalam dunia industri maupun dalam kehidupan sehari-hari.

Serat (*fiber*) adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Contoh serat yang paling sering dijumpai adalah serat pada kain, manusia menggunakan serat dalam banyak hal antara lain untuk membuat tali, kain, atau kertas. Serat dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu serat alam dan serat sintesis. Serat sintesis merupakan serat buatan manusia yang molekulnya disusun secara sengaja oleh manusia. Sifat-sifat umum dari serat buatan, yaitu kuat dan tahan gesekan (Fahmi dan Harry, 2011).

Tanaman serat alam biasanya terdiri dari *selulosa, lignin, hemiselulosa, pektin* dan zat lilin. *Selulosa* adalah komponen utama

dari dinding sel tumbuhan, dan bahan bangunan dasar bagi banyak tekstil dan kertas (Mulyana, 2016). *Hemiselulosa* merupakan suatu polisakarida lain yang terdapat dalam tanaman dan tergolong senyawa organik dan *Lignin* adalah komponen penyusun utama dari dinding sel tumbuhan dan beberapa algae dan *lignin* merupakan komponen rantai atau cabang panjang yang terbentuk didalam dinding sel (Srimulyani, 2014).

2.2.1 Serat Rami

Menurut Sudiro (2014), Rami (*Boehmeria nivea*) merupakan tanaman tahunan dengan bentuk tanaman herba berumpun banyak yang menghasilkan serat dari kulit batangnya. Serat rami tergolong dalam serat panjang, kuat, dan baik untuk bahan baku tekstil karena memiliki struktur yang mirip dengan serat kapas. Untuk diambil seratnya, batang tanaman rami dipanen setiap dua bulan sekali dan diproses dengan mesin dekortikator sehingga menghasilkan serat kasar (*china grass*). Sebelum dipintal menjadi benang, serat kasar yang masih banyak mengandung getah (*gum*) perlu dibersihkan melalui proses *degumming*, dan proses pemutihan serta pelembasan dengan pemberian minyak (*oiling*) sehingga menjadi serat yang putih dan lemas (rami top).

Sifat dari serat rami dapat dilihat dengan dua bentuk yaitu membujur dan melintang, membujur yaitu memanjang seperti silinder dengan permukaan begaris-garis dan berkerut-kerut sedangkan melintang bentuk lonjong dengan dinding sel yang tebal dan lumen pipih.(Suhendri, 2013). Pada Tabel 2.1 sifat fisika dari serat rami pada keadaan standar.

Tabel 2.1 Sifat fisika serat rami dalam keadaan standar

Sifat Mekanik	Membujur	Melintang
Kekuatan (gr/tex)	33 - 99	67 - 78
Mulur (%)	2 – 10	3 - 4
Kehalusan (tex)	0,5 - 1,16	0,66 – 0,77
Moisture regain (%)	12	12

Berat jenis	1,50 – 1,55	1,51
-------------	-------------	------

(Sumber: Suhendri, 2013)

Data dari beberapa referensi tentang sifat mekanik dari serat rami ditunjukkan pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Sifat Mekanik Serat Rami

Mechanical properties	Mueller and Krobjilowski [2]	Jacob et al. [3]	Rowell et al. [4]	Andre [5]
Density (g/cm ³)	1.5–1.6	–	–	1,5
Diameter (μm)	40–80	–	11–80	30–50
Length (mm)	60–260	–	60–250	150
Tensile strength (MPa)	400–1050	400–938	–	500–730
Elongation (%)	3.6–3.8	3.6–3.8	–	2
Young's modulus (GPa)	61.5	61.4–128	–	29–44

(Sumber: Heru, 2013)

2.2.2 Serat Pisang Abaka

Serat pisang Abaka merupakan salah satu serat alam yang berpotensi sebagai penguat komposit.(Tanuwidjaya, 2016). Pelepah pisang Abaka memiliki jaringan selular dengan pori-pori yang saling berhubungan, serta apabila telah dikeringkan akan menjadi padat menjadikannya suatu bahan yang memiliki daya serap yang cukup bagus (Supraptiningsih, 2012).

Pemanfaatan batang pisang Abaka yang merupakan limbah dari pertanian masih belum dapat dilakukan secara baik. Para peneliti mulai memperhatikan serat batang pisang ini sebagai serat pakaian dan kertas namun belum optimal. Hal ini berarti, jika limbah batang pisang bisa termanfaatkan dengan optimal, maka masalah limbah menjadi berkurang (Wona, dkk. 2015).

Kandungan kimia didalam serat alam berbeda-beda seperti yang dapat dilihat dalam Tabel 2.2 berikut ini (Brother, 2003).

Tabel 2.3 Kandungan kimia serat alam

Jenis Serat	Kandungan Selulosa (%)	Kandungan Lignin (%)	Kandungan Pektin (%)
Flax	65-85	1-4	5-12
Hemp	60-77	3-10	5-14
Jute	45-63	12-25	4-10
Kenaf	35-57	8-13	3-5
Sisal	50-64	-	-
Abacca	60	12-13	1
Coir	30	40-45	-
Cotton	85-90	-	0-1

(sumber: Brother, Netherland, 2003)

Dari kandungan kimia serat alam yang berbeda ini, maka dapat dilihat sifat-sifat mekanis serat Abaka dibandingkan dengan serat yang lain, seperti dalam Tabel 2.4 berikut ini.(Brother, 2003).

Tabel 2.4 Sifat Mekanis Serat Alam

Properti	Serat						
	Flax	Hemp	Jute	Ramie	Sisal	Abacca	E-glass
Density (g/cm ³)	1,4	1,48	1,46	1,5	1,33	1,5	2,55
Tensile strength (MPa)	800-1500	550-900	400-800	500	600-700	980	2400
e-modulus (Gpa)	60-80	70	30	44	38	22.4	73
Specific (e/density)	26-46	47	21	29	29	33,6	29
Elongation at failure (%)	1,2-1,6	1,6	1,8	2	2-3	2.9	3

(sumber: Brother, Netherland, 2003)

2.3 Resin Epoksi

Resin epoksi pada dasarnya adalah resin *termoset polyether* yang memiliki gugus epoksida dalam polimer sebelum mengalami proses *crosslinking*. Ketika terjadi proses pengerasan, reaksi yang timbul adalah reaksi eksotermik, dan gugus oksigen pada epoksi akan terlepas. Pada dasarnya reaksi *curing* terjadi antara gugus oksirena dari epoksi dengan gugus hidrogen reaktif dari *hardener*nya. Resin ini dibuat dari proses polimerisasi *epichlorohydrin* dengan *bisphenol A*, sehingga dihasilkan polimer dengan berat 900 gr hingga 3000gr. Polimer ini lalu diberikan proses *curing* dengan menggunakan *polyamine, poliamide, polysulfide, urea dan fenol formaldehida*, serta asam atau *anhidrid*, dengan reaksi *coupling* atau kondensasi. *Curing agent* yang paling utama adalah grup amine, dimana setiap hidrogen pada gugus amine akan bereaksi dengan gugus epoksida (May, 1987)

Resin epoksi memiliki sifat mekanik, listrik, kestabilan deminsi dan penahan panas yang baik. Selain itu resin ini kental, dengan viskositas tinggi. Berikut ini adalah karakteristik dari resin epoksi berbasis bisphenol A : Sifat resin epoksi ditunjukkan pada Tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.5 Sifat mekanik resin epoksi

Properties	Nilai
Specific Gravity	1.2 – 1.3
Kekuatan Renggang (MPa)	55 – 130
Modulus Renggang (GPa)	2.75 – 4.1
Rasio Poison	0.2 – 0.33
Koefisien perluasan termal (m/moC)	10 – 6
Susut Proses (%)	1 – 5

(Sumber: Klemens, 2009)

2.4 Perlakuan Kimia

2.4.1 Perlakuan Alkali

Menurut Brothers (2003) penghilangan lignin, hemiselulosa, silika dan saripati dari serat untuk penggabungan antara serat dan

matriks dan meningkatkan kekerasan pada permukaan serat pada saat interaksi jauh lebih baik adalah tujuan utama dari perlakuan kimia. Juga, kemampuan untuk mengatur ulang *fibrils* yaitu serat dengan ukuran mikro yang berada didalam serat akan meningkat dengan hilangnya lignin dan hemiselulosa. Pemberian perlakuan kimia pada serat akan mengatur ulang *fibrils* pada saat serat mengalami deformasi tarik. Menurut banyak literatur perlakuan NaOH adalah metode yang efektif dan sederhana untuk mencapai hal ini, tingkat keseimbangan dari waktu dan konsentrasi dari perlakuan ini untuk optimalnya sifat mekanik dari serat. Perbedaan konsentrasi berkisar dari 0,5% sampai 20% dan waktu perendaman berkisar antara 15 menit sampai 96 jam yang telah banyak dilakukan oleh peneliti. Namun, belum ada kesimpulan yang pasti dari penelitian tentang konsentrasi dan waktu perlakuan sehubungan dengan meningkatkan sifat mekanik.

Rohatgi (1983) menemukan bahwa 72 jam perendaman dengan 5% larutan NaOH memberikan UTS terbaik dan 96 jam perendaman dengan konsentrasi yang sama menghasilkan modulus tarik yang terbaik. Menurut penelitian Mohanty's (2000) 2% NaOH dalam larutan NaOH selama satu jam adalah perlakuan yang terbaik untuk UTS yang optimal pada komposit saat perendaman 5% larutan NaOH selama 1 jam memberikan hasil sifat lentur yang baik.

Pada penelitian Marsyahyo dkk (2008), perlakuan kimia dengan aseton, keton, dan alkohol pada serat rami berdampak pada meningkatnya daya rekat atau kesesuaian serat terhadap matriks sehingga dapat meningkatkan sifat mekanik yang saling mengikat antara serat dan matriks pada sistem komposit. Analisa menggunakan SEM dan BET juga mengidentifikasikan bahwa permukaan serat lebih terbuka dengan meningkatnya porositas permukaan dibandingkan dengan serat rami yang tidak diberi perlakuan kimia. Struktur serat rami yang dianyam *woven* sebagai material kasar sebagai penguat diklasifikasikan dalam empat kelompok dalam pemberian perlakuan alkali yang dinamakan RAMEK, RAMOL, RAMETON, dan RASILA sesuai dengan material pelarut yang digunakan, RAMEK maksudnya adalah serat rami yang diberi perlakuan larutan alkali *methyl etil ketone* (MEK), *etanol*, *aseton*, dan *silane*. Bahan tersebut dipilih berdasarkan kekuatannya. Perlakuan alkali ini akan meningkatkan kuat tarik dari serat rami seperti pada Tabel 2.6 berikut ini.

Tabel 2.6 *Physical and mechanical properties of ramie-treated*

Ramie fiber-treated	Moisture content (%)	Density (g/cm ³)	Tensile strength (MPa)	Young's modulus (GPa)	Pore diameter (Angstrom)
RAMEK90	6.08±0.54	1.14±0.001	1227.71±220.69	134.05±29.56	26.109
RAMETON120	5.76±0.47	1.26±0.003	1226.35±141.35	106.36±14.17	74.072
RAMOL90	6.33±0.18	1.51±0.001	1143.68±182.30	106.10±16.76	75.459
RASILA180	5.77±0.31	1.43±0.002	1219.43±186.94	102.01±16.25	118.988

(Sumber: Marsyahyo, Indonesia, 2009)

RAMEK90 yaitu perendaman dengan *methyl etil ketone* selama 90 menit, RAMETON120 perendaman dengan *aseton* selama 120 menit begitu seterusnya dengan RAMOL90 perendaman dengan alkohol selama 90 menit dan RASILA180 perendaman dengan *silane* selama 180 menit atau tiga jam.

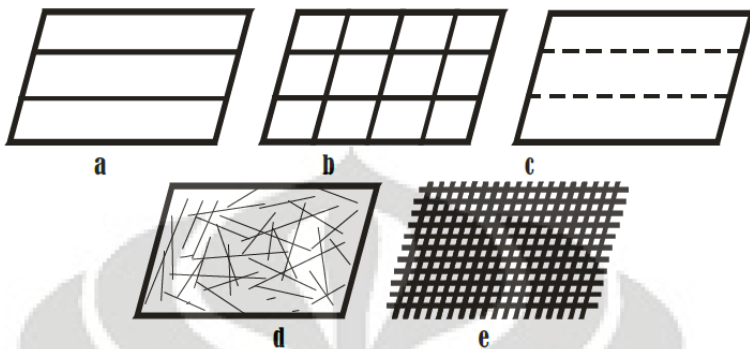
2.4.2 Perlakuan *Silane*

Silane adalah bahan kimia campuran dengan rumusan kimia SiH₄. Silane digunakan sebagai *coupling agent* yaitu agar serat dapat menempel pada matriksnya, serta sebagai memberikan kestabilan pada bahan komposit. Silane sebagai *coupling agent* dapat menghilangkan nomor gugus selulosa hidroksil pada bagian antar-muka serat dengan matriks. Pemberian silane ini mengakibatkan adanya interaksi antara silanol dari silane dengan gugus hidroksil dari serat sehingga membentuk ikatan kovalen yang stabil ke dinding sel hingga kepermukaan serat. Oleh karena itu penambahan silane ini dapat menciptakan ikatan silang karena ikatan kovalen antara matriks dan serat (Xue Li, 2007).

Reaksi silane dengan resin epoksi yaitu ketika serat telah diberikan perlakuan silane kemudian pada saat pembuatan komposit dengan resin epoksi maka reaksi yang terjadi menunjukkan bahwa meningkatnya sifat mekanik dan mengurangi penyerapan air dari komposit yang dihasilkan. Perlakuan serat rami dengan silane menghasilkan peningkatan kekuatan tarik hingga 17%, dan modulus hingga 25%, tetapi memang tidak mengubah ketangguhan dampak komposit epoksi yang dihasilkan (Yanjun Xie, 2010).

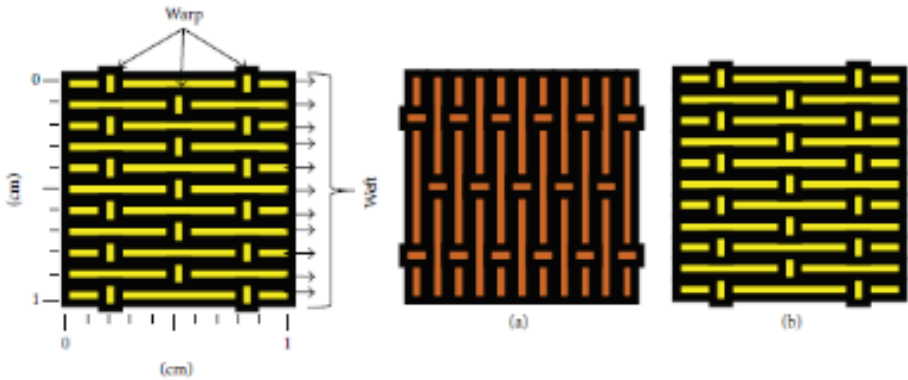
2.5 Orientasi Serat Dalam Komposit

Komposit lembaran merupakan material yang tersusun atas lapisan-lapisan yang terikat satu sama lain. Setiap lapisan terdiri dari banyak serat yang terendam di dalam matriks. Jika serat panjang (*continuous fibre*) dipergunakan untuk membuat lapisan (*lamina*), serat tersebut dapat diorientasikan pada satu arah (*unidirectional orientation*) Gambar 2.1(a), atau pada dua arah (*bidirectional orientation*) Gambar 2.1(b). Lapisan juga dapat dikonstruksikan dengan menggunakan serat pendek (*discontinuous fibre*) baik pada satu arah Gambar 2.1(c) maupun acak, Gambar 2.1(d). Beberapa lapisan ditumpuk satu sama lain untuk mendapatkan ketebalan tertentu akan membentuk lembaran (*laminated*), dimana variasi lapisan dalam lembaran dapat terdiri dari serat searah maupun berbeda arah, Gambar 2.1(e)



Gambar 2.1 Susunan dasar pembentukan komposit lembaran (a) Serat panjang searah (b) Searah panjang dua arah (c) Serat pendek searah (d) Serat pendek acak (e) Woven fiber. (Klemens, 2009).

Menurut Hamdan dkk (2016), pada penelitiannya pengaruh orientasi lapisan terhadap kuat tarik dan kelenturan dari serat kenaf dengan resin epoksi dengan menggunakan beberapa orientasi yang ditunjukkan pada Gambar 2.2(a) dengan serat lebih panjang arah vertikal dan serat pendek pada arah horisontal dan Gambar 2.2(b) serat panjang pada arah horisontal dan pendek pada arah vertikal.



Gambar 2.2 Arah nyaman *Sumber: Hamdan dkk, 2016*

Dari Gambar diatas dapat disusun menjadi beberapa susunan yang berbeda yaitu susunan A/A/A, B/B/B, A/B/A, B/A/B, dan susunan acak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa anyaman dengan orientasi A mendapatkan nilai kuat tarik tertinggi dibanding orientasi B dan nilai terendah didapat oleh serat dengan orientasi acak. Hal ini diakibatkan dari serat yang nilai kepadatannya lebih tinggi sehingga mampu menahan gaya yang bekerja di arah melintang dari sampel.

2.6 Pengujian Mekanik Serat

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus elastisitas bahan dengan cara memberikan beban tarik secara perlahan sampai sampel mengalami putus. Adapun keuletan bahan , daerah elastisitas dan plastis serta titik putus akan terlihat dari grafik yang ada. (Riyantoko, 2015).

Pengujian tarik (*tensile test*) adalah pengujian mekanik secara statis dengan cara sampel ditarik dengan pembebanan pada ujungan dimana gaya tarik yang diberikan sebesar P (Newton atau kg gaya). Tujuannya untuk mengetahui sifat-sifat mekanik tarik (kekuatan tarik). Pertambahan panjang dari bahan uji disebut deformasi. Kekutan tarik diukur dengan menarik sekeping sampel dengan dimensi yang

seragam. Tegangan tarik σ , adalah gaya yang diaplikasikan, F , dibagi dengan luas penampang A yaitu :

$$\sigma = F/A \quad (2.1)$$

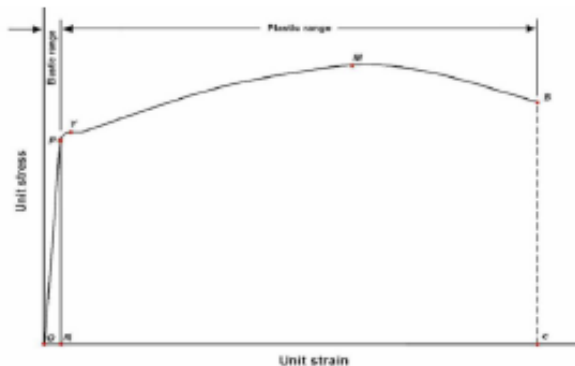
perbandingan tegangan (σ) terhadap perpanjangan (ϵ) disebut modulus elastisitas, E .

$$E = \sigma/\epsilon \quad (2.2)$$

(Surono dan Sukoco, 2016).

2.7 Pengujian Mekanik Komposit

Pengujian mekanik pada komposit meliputi perilaku mekanik dari komposit itu sendiri yaitu batas elastis (*elastic limit*), titik luluh (*yield point*), batas proporsionalitas (*proportionality limit*), dan kekuatan tarik (*ultimate tensile streng*). Kekuatan tarik merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya perpatahan (*fracture*). Nilai kekuatan tarik maksimum σ ditentukan dari beban maksimum F_{maks} dibagi penampang awal A_0 . Titik luluh merupakan suatu batas dimana material akan terus mengalami deformasi tanpa adanya penambahan beban. Tegangan (*stress*) yang mengakibatkan bahan menunjukkan mekanisme luluh ini disebut tegangan luluh (*yield stress*). Batas elastis (*elastic limit*) daerah elastis adalah daerah dimana bahan akan kembali pada panjang semula bila tegangan luar dihilangkan. Daerah proporsionalitas merupakan bagian dari batas elastis ini.



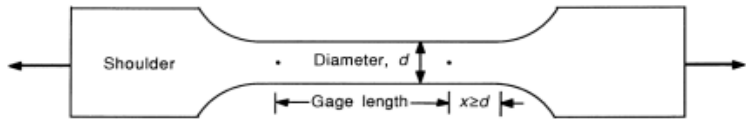
Gambar 2.3 Kurva tegangan-regangan dari benda uji terbuat dari baja ulet

Gambar diatas merupakan daerah batas dimana tegangan dan regangan mempunyai hubungan proposionalitas satu dengan yang lain. Setiap penambahan tegangan akan diikuti dengan penambahan regangan secara poposional dalam hubungan linier $\sigma = E\epsilon$ (bandingkan dengan hubungan $y = mx$; dimana y mewakili tegangan; x mewakili regangan dan m mewakili slope kemiringan dari modulus kekakuan). Titik P pada gambar diatas menunjukkan batas proporsionalitas dari kurva tegangan-regangan. (Fahmi dan Harry, 2011).

Pada uji tarik, kedua ujung benda uji dijepit, salah satu ujung dihubungkan dengan perangkat pengukur beban dari mesin uji dan ujung lainnya dihubungkan ke perangkat peregang. Regangan diterapkan melalui kepala silang yang digerakkan motor dan elongasi benda uji ditunjukkan dengan pegerakan relatif dari benda uji. Beban yang diperlukan untuk menghasilkan regangan tersebut ditentukan dari defleksi elastis suatu blok atau *proving ring*, yang diukur dengan menggunakan metode hidrolik, optik, atau elektrodinamik. Tegangan (beban per satuan luas, P/A terhadap regangan (perubahan panjang per satuan panjang $d\ell/\ell$) dapat diperoleh setelah mengetahui dimensi benda uji. Pada tegangan rendah deformasi bersifat elastis, maupun balik (reversible), dan mengikuti hukum Hooke, yaitu tegangan berbanding lurus dengan regangan. Konsatanta proposional yang mengaitkan tegangan dengan regangan disebut modulus elastisitas dan dapat berupa modulus elastisitas atau modulus Young, E , (b) kekuatan atau modulus geser, μ , atau (c) modulus curah, K , yang mana bergantung apakah regangan bersifat tarik, geser, atau kompresi hidrostatik. Modulus Young, modulus curah, modulus geser, dan rasio Poisson ν yaitu merupakan rasio kontraksi lateral terhadap regangan longitudinal untuk tegangan tarik uniaksial.(R E Smallman and R J Bishop, 1995)

Spesimen yang digunakan pada uji tarik menunjukkan bagian luasan yang tereduksi dan daerah tepi yang melebar. Untuk menghindari efek akhir dari daerah bahu, panjang dari daerah transisi sebaiknya sekurang-kurangnya lebih besar dari diameternya, dan total panjang dari bagian yang tereduksi sebaiknya sekurang-kurangnya empat kali diameternya. Sebuah uji tarik melibatkan pemasangan pada sebuah mesin uji tarik. Gaya tarik direkam sebagai suatu fungsi dari pertamabahan panjang yang terukur. Hasil *plotting* dari kurva gaya

tarik terhadap perpanjangan tarik nilainya akan sangat kecil jika tidak dinormalisasikan terhadap dimensi spesimen. Data gaya-perpanjangan hasil perekaman akan dikonversikan terhadap kurva tegangan-regangan. Keuntungan dengan digunakannya kurva tegangan-regangan dibandingkan dengan beban-perpanjangan dikarenakan dengan digunakannya kurva tegangan-regangan secara virtual tidak tergantung pada dimensi spesimen, seperti pada Gambar 2.4 .(J R Davis, 2004)

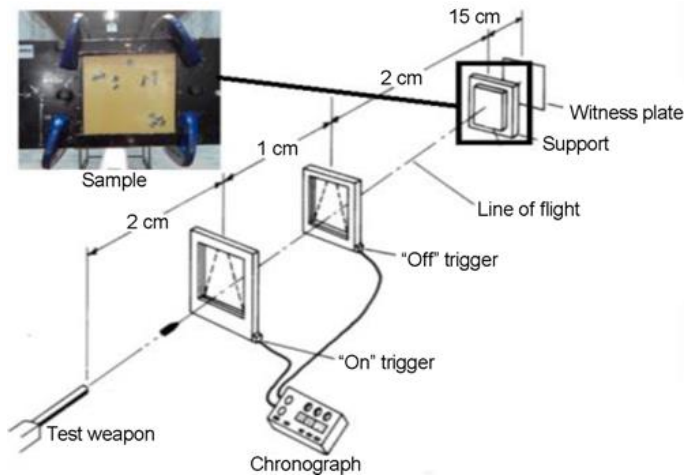


Gambar 2.4 Spesimen Uji Tarik

2.8 Pengujian Balistik

Balistik adalah ilmu yang mempelajari tentang perjalanan proyektil peluru saat ditembakkan dari senjata. Berdasarkan standar NIJ (*National Institute of Justice*) Amerika. Standar uji balistik untuk produk-produk tahan peluru seperti panel atau rompi pelindung dada dan helm pelindung kepala, balistik dibagi menjadi beberapa tingkatan (level), yaitu **level II-A, II, III-A, III, IV**. Level II-A adalah tingkatan yang terendah yaitu peluru dengan kaliber (berdiameter) kecil. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.7. Untuk tipe II-A (9 mm; .40S&W) proyektil peluru yang digunakan memiliki berat sebesar 8.0 g (124 gram) dan kecepatan peluru $373 \text{ m/s} \pm 9.1 \text{ m/s}$ ($1225 \text{ ft/s} \pm 30 \text{ ft/s}$) dan dengan lapisan penuh logam (FMJ), peluru dengan spesifikasi berat 11.7 g (180 gram) dan kecepatan $252 \text{ m/s} \pm 9.1 \text{ m/s}$ ($1155 \text{ ft/s} \pm 30 \text{ ft/s}$). Untuk tipe II (9 mm; .357 Magnum) peluru berlapis logam dengan berat sebesar 124 gram dan kecepatan $39 \text{ m/s} \pm 9.1 \text{ m/s}$ ($1305 \text{ ft/s} \pm 30 \text{ ft/s}$). (Mukasey ,Sedgwick dan Hagy, 2008).

Skema pengaturan uji balistik ditunjukkan pada Gambar 2.6 simulasi proyektil peluru *fragment simulating projectiles* (FSPs) dan sesuai dengan standar militer MIL-STD-662F. Pada gambar 2.6 senjata berupa senapan diletakan dengan jarak 15cm dari sampel kemudian diletakan *Cronograph* yaitu alat untuk mengukur kecepatan dari peluru pada saat keluar dari senapan sehingga dapat diketahui energi kinetik dari proyektil peluru. (Yahaya, Sapuan, Jawaid, Leman dan Zainudin. 2016).



Gambar 2.5 Skema pengujian bahan tahan peluru

2.9 Perhitungan Energi Redaman

Perhitungan redaman energi pada saat material terkena suatu proyektil maka akan terjadi mekanisme *shear plug* dimana energi impak dari peluru mengenai bahan berakibat adanya penggeseran bahan disekitar proyektil yang membentur bahan dan terbentuk lubang dengan diameter yang besar dibandingkan diameter peluru.

Besarnya redaman energi yang diterima dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$E_{absorbed} = 0,5 m (V_{in}^2 - V_{out}^2) \quad (2.3)$$

m = massa proyektil (kg)

$$V_{in} = \text{Kecepatan awal } (m/s) \quad V_{out} = \text{kecepatan akhir } (m/s)$$

Kecepatan peluru dapat dihitung dengan alat *chronograph*, yaitu alat yang digunakan untuk mencatat kecepatan peluru pada saat peluru melewati alat tersebut. Kecepatan peluru ini juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan empirik dengan menggunakan besaran V_{50} . V_{50} ini merupakan besaran yang digunakan untuk menyatakan kecepatan peluru dimana terdapat 50% kemungkinan peluru tersebut dapat menembus target. Biasanya besaran ini disebut sebagai *ballistic velocity limit* (VI). Perhitungan ini menghitung kecepatan rata-rata peluru baik yang dapat menembus bahan maupun kecepatan peluru yang tidak mampu menembus bahan. (Klemens, 2009).

Energi yang diserap oleh bahan dapat dihitung sebagai energi yang diserap secara keseluruhan. Pada V_{50} , energi impak dianggap diserap seluruhnya oleh bahan komposit. Ada banyak faktor yang mempengaruhi parameter, seperti jenis proyektil dan geometri target, kecepatan sesaat peluru, sudut pada saat proyektil mengenai bahan. Kekuatan balistik dari bahan dapat dihitung menggunakan V_{50} dan redaman energi (E_{abs}). Persamaan yang digunakan yaitu :

$$V_{50} = \sqrt{(V_s^2 - V_r^2)} \quad (2.4)$$

Dan

$$E_{abs.} = \frac{1}{2}mv_s^2 - \frac{1}{2}mv_r^2 \quad (2.5)$$

m = massa proyektil (kg)

v_s = kecepatan awal (m/s) v_r = kecepatan akhir (m/s)

(Yahaya dkk, 2016).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

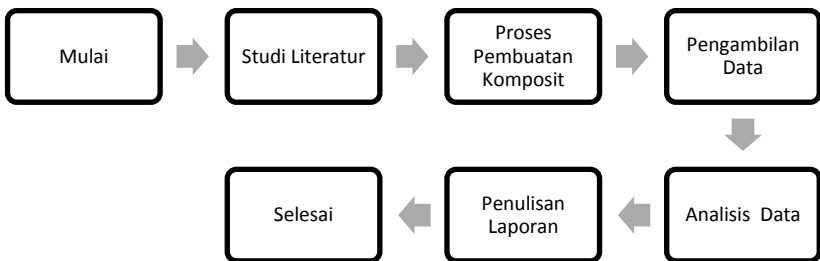
Pembuatan spesimen dan pengambilan data dilaksanakan mulai bulan Maret sampai dengan Juli 2017 di Laboratorium Fisika Material, Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika, Fakultas MIPA dan Laboratorium Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah serat rami dan serat pisang Abaka yang berasal dari BALITAS (Balai Penelitian Pemanis dan Serat), NaOH 0,5%, *Silane*, Aquades, wadah plastik diameter 15cm, oven, resin epoksi, cetakan berukuran 20x 20cm, beban berukuran 5kg, alat pendukung uji balistik berukuran 20x20cm, gunting, perangkat uji balistik, penggaris, alat anyaman manual.

3.3 Alur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang dilakukan seperti pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Alur penelitian

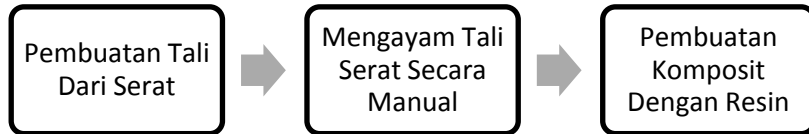
3.3.1 Studi Literatur

Dalam proses penelitian ini, studi literatur merupakan tahapan pertama yang dijalani. Dalam tahap ini, penulis mencari pengetahuan mengenai serat alam yang digunakan untuk bahan anti peluru menggantikan serat sintetis, setelah itu penulis mencari literatur cara

meningkatkan kuat tarik dari serat alam, setelah mengetahui informasi tentang serat alam penulis mencari literature mengenai komposit balistik, kemudian penulis mencari literatur mengenai cara kerja dari bahan anti peluru.

3.3.2 Proses pembuatan komposit tahan peluru

Pada tahap proses pengerjaan komposit, ada beberapa tahapan yang dilakukan seperti pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Tahapan proses pembuatan komposit.

Serat yang digunakan merupakan serat murni yang belum diberikan perlakuan apapun hanya perendam dengan air pada saat pembuatan serat dari batang tumbuhan. Sehingga serat mudah untuk diberikan perlakuan kimia. Selain itu serat yang digunakan mudah didapatkan sehingga ini menjadi pertimbangan penulis untuk menggunakan serat pisang Abaka dan serat rami.

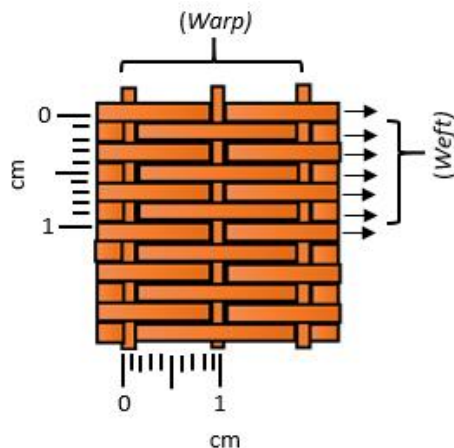
Selanjutnya serat yang telah dibentuk tali dengan ukuran 50cm sampai 150cm diberikan perlakuan kimia atau *treatment* dengan merendam serat tersebut kedalam larutan NaOH 5% dengan suhu 80°C sampai 100°C diatur agar tetap konstan dengan lama perendaman 60 menit. Serat diberikan perlakuan ini bertujuan untuk menghilangkan *lignin* yang masih berada didalam serat dan meningkatkan kuat tarik dari serat, prose perendaman diperlihatkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Proses Perendaman Dengan NaOH

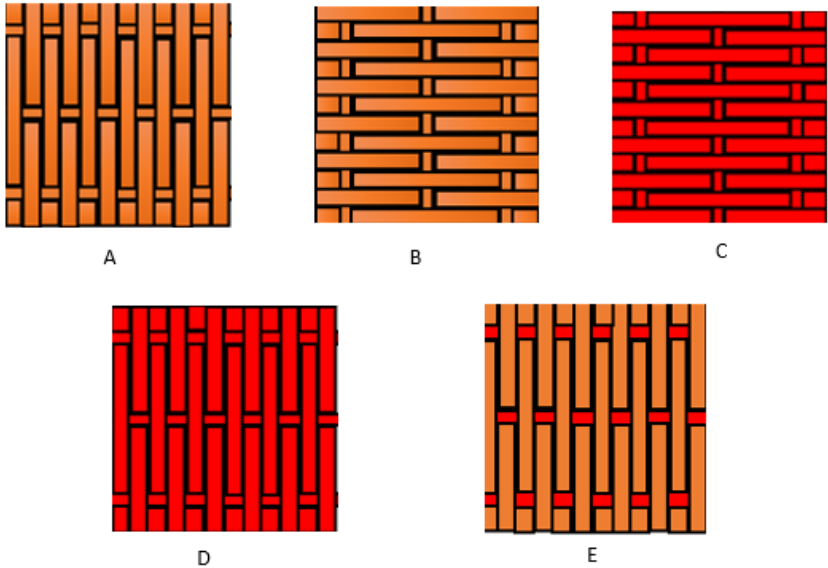
Serat yang telah diberikan perlakuan kimia diberikan perlakuan lagi yaitu perlakuan alkali dengan cara perendaman kembali dengan *Silane* selama 180 menit dengan suhu ruang yang diletakan pada wadah plastik dengan penutup agar bahan yang digunakan tidak terjadi penguapan selama perendaman, perlakuan ini sebagai *coupling agent* yang artinya pada saat pembuatan komposit yaitu pencampuran antara serat dengan resin dapat merekat dengan baik tanpa ada sisi yang kosong atau air masuk sepanjang antar-muka bahan *filler* dan matriks yang dapat mengakibatkan tidak optimalnya komposit pada saat menerima gaya yang diberikan.

Serat pasca perlakuan kimia dan alkali kemudian dilakukan penganyaman secara manual. Orientasi pada anyaman terdiri dari dua istilah dalam penganyaman untuk menentukan arah atau susunan pada anyaman yaitu Pakan dan Lungsing. Pakan merupakan anyam atau iratan yang melintang (dari kiri ke kanan), sedangkan Lungsing ialah lembar bahan anyaman atau iratan yang membujur dari atas ke bawah). Jarak antar Lungsing sebesar 1cm dan jarak 7 Pakan sama dengan 1cm, kemudian dianyam dengan luas 20cm x 20cm. Gambar 3.4 memperlihatkan jarak antar Pakan dan Lungsing pada anyaman.



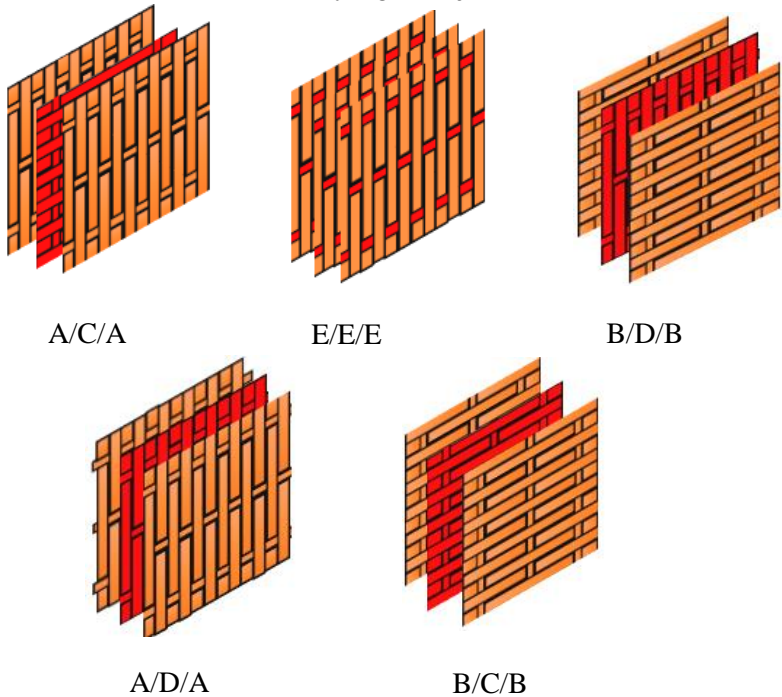
Gambar 3.4 Jarak anyaman serat

Pembuatan anyaman pada serat terdiri dari lima orientasi yaitu orientasi A, B, C, D dan E. Perbedaan pada tiap anyaman yaitu, orientasi A dan B adalah serat rami yang dianyam dengan arah yang berbeda. Pada orientasi C dan D merupakan orientasi yang sama yaitu serat pisang Abaka dengan perbedaan arah anyaman. Orientasi E merupakan gabungan antara serat rami dan serat pisang Abaka dengan perbandingan yang sama seperti yang ditunjukkan Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Orientasi serat rami dan serat pisang Abaka

Serat yang sudah dianyam kemudian dibentuk susunan komposit dengan lima variasi yaitu pengabungan orientasi A/C/A, A/D/A, B/C/B, B/D/B, E/E/E yang ditunjukkan oleh Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Susunan anyaman pada komposit serat rami dan pisang Abaka

Proses pembuatan komposit tahan peluru yang dipilih adalah *hand lay up* (wet processing). metode *hand lay up* adalah suatu proses yang digunakan dengan cara menuangkan bahan menggunakan tangan kedalam cetakan dan dilakukan penekanan serta diratakan (Smith, 2009). Keuntungan proses ini adalah prosesnya yang murah dan sederhana, sehingga tidak membutuhkan peralatan yang kompleks. Disamping itu, proses ini juga sesuai dengan bentuk *reinforcement* yang sudah berbentuk anyaman. Pelat komposit yang dibuat diharapkan dapat menjadi pelat komposit tahan peluru tipe IIA.

Tahapan pembuatan pelat komposit tahan peluru adalah sebagai berikut :

- Persiapan alat untuk pembuatan komposit

Persiapan cetakan yang berukuran 20cm x 20cm x 5cm agar pada saat di-pres resin tidak tumpah, kemudian mempersiapkan resin epoksi.

- Pencampuran resin dengan *hardener*

Resin dan *hardener* dicampur dengan perbandingan 10:1 menggunakan wadah plastik, lalu diaduk hingga rata.

- Resin dituang dan diratakan

Resin yang telah tercampur rata dituangkan kedalam cetakan berukuran 20cm x 20cm x 5cm lalu diratakan dengan kuas

- Peletakan anyaman serat dengan masing-masing variasi

Setelah resin diratakan dengan kuas, anyaman dengan masing-masing variasi diletakan satu persatu kedalam wadah mika, kemudian ditekan dengan kuas agar tidak ada udara didalam komposit kemudian dituangkan resin untuk lapisan berikutnya, kemudian diratakan lagi. Proses ini diulangi hingga mencapai jumlah ketebalan lapisan yang diinginkan.

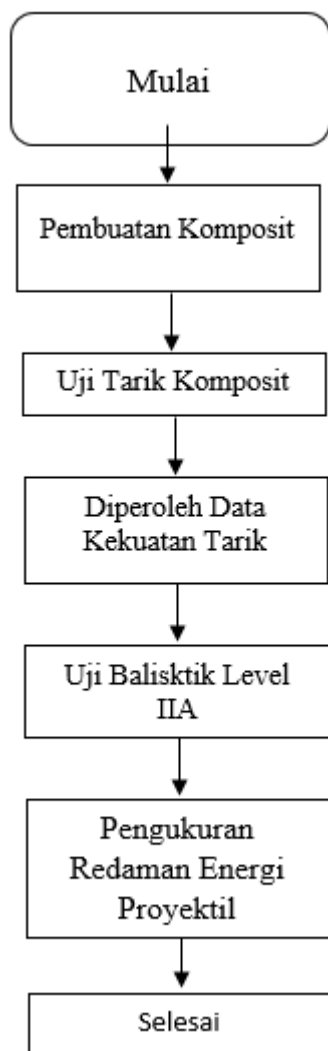
- Pengepresan komposit

Setelah diberikan resin, komposit dibiarkan selama 2 hari dan dilakukan proses pengepressan dengan beban 5 kg atau 50 N/m² untuk ukuran 20 cm x 20 cm dan ketebalan 1 cm sampai 2 cm.

- Melakukan penimbangan terhadap pelat komposit yang sudah jadi.

3.3.3 Pengujian komposit

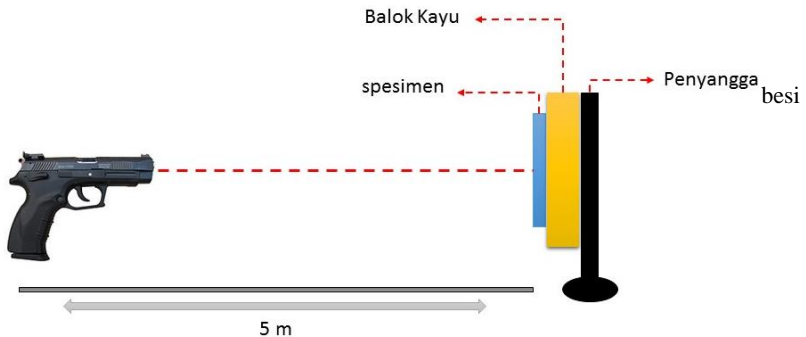
Pada tahap pengambilan data, ada beberapa tahapan yang dilakukan. Berikut tahapannya seperti pada Gambar 3.10



Gambar 3.7 Tahapan pengambilan data.

3.3.4 Skema Pengujian Balistik

Pengujian balistik menggunakan peluru dengan level II-A seperti pada Gambar 2.5, memiliki spesifikasi yaitu tipe II-A (9 mm; .40S&W) proyektil peluru yang digunakan memiliki massa sebesar 124 gram dan kecepatan peluru (373 ± 9.1) m/s dengan lapisan penuh logam (FMJ). Senjata yang digunakan untuk pengujian sampel menggunakan pistol block 19c. Skema penembakan panel ditunjukkan pada Gambar 3.7. Jarak antara senjata dengan spesimen sejauh 5m dan diletakan balok kayu sebanyak 10 lapis dengan ukuran ketebalan setiap lapis 2,5 cm, selanjutnya diletakan penyangga berupa besi yang digunakan sebagai pertahanan akhir spesimen dan kayu.



Gambar 3.8 Skema pengujian tembak

3.3.5 Analisis Hasil Uji Balistik

Pada tahap analisis data hasil uji balistik meliputi mengamati energi yang teredam oleh bahan komposit, pengukuran diameter kawah yang terbentuk, dan mengamati bentuk kerusakan pada pelat bahan komposit seperti keretakan pada komposit akibat benturan proyektil yang ditembakkan. Untuk melakukan analisis terhadap redaman energi proyektil dapat menggunakan persamaan :

$$E_{absorbed} = \frac{1}{2} m (v_{in}^2 - v_{out}^2) \quad (2.5)$$

Dimana m massa proyektil v_{in} kecepatan awal dan v_{out} adalah kecepatan akhir pada saat proyektil mengenai bahan komposit. (Klemens, 2016).

Untuk pengukuran persentasi redaman energi komposit balistik menggunakan persamaan ($\%E_{abs}$) sebagai berikut :

$$\%E_{abs} = \frac{E_H - E_A}{E_A} \times 100\% \quad (3.1)$$

Dimana E_H adalah redaman energi dari bahan komposit pada saat kecepatan peluru tanpa bahan komposit dan E_A kecepatan yang telah diredam oleh bahan komposit. (Yahaya, 2016).

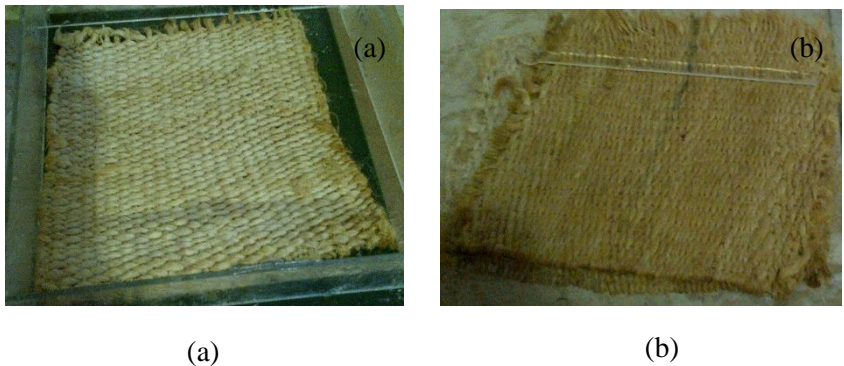
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Anyaman

Langkah awal pada penelitian ini adalah pembuatan anyaman serat yang merupakan proses awal sebelum digabungkan dengan resin menjadi komposit. Hasil anyaman ditunjukkan pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 (a) Hasil anyaman serat rami, (b) hasil anyaman serat pisang

Gambar 4.1 menunjukkan perbedaan antara anyaman serat pelepah pisang dan serat rami. Pada segi warna, Gambar 4.1a memiliki warna putih kecoklatan sedangkan Gambar 4.1b berwarna coklat keemasan. Perbedaan warna ini disebabkan oleh jenis tanaman yang digunakan dan sumber dari serat tanaman. Berdasarkan karakteristik yang dihasilkan, Gambar 4.1a memiliki sifat yang lembut dan Gambar 4.1b memiliki sifat kaku dan kasar apabila disentuh dengan tangan.

4.2 Komposit Hasil Eksperimen

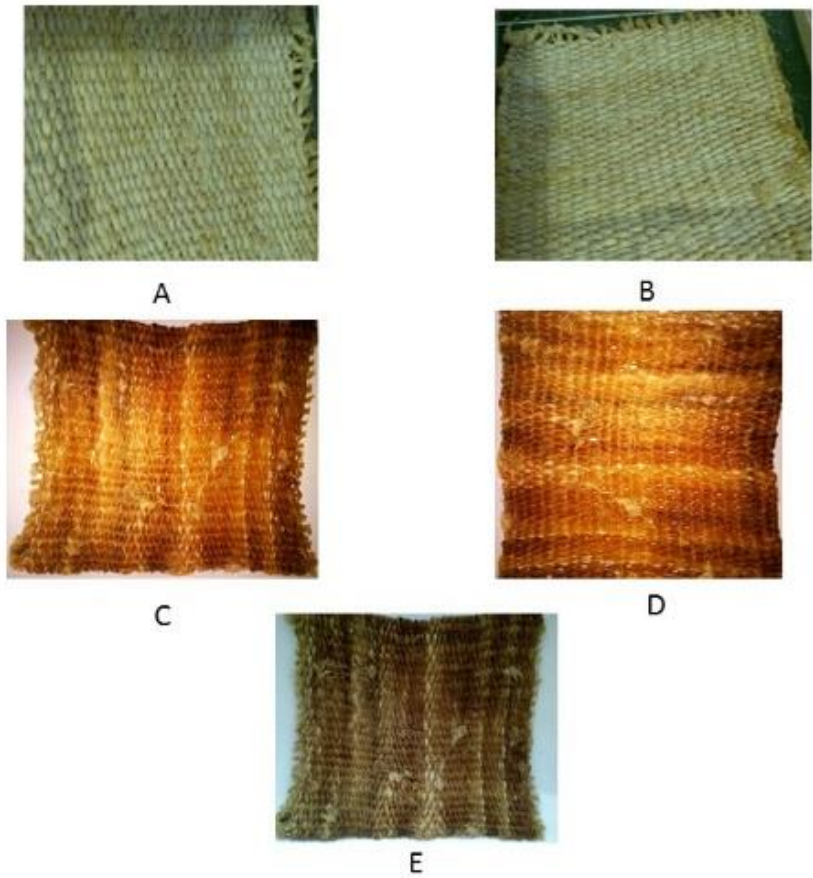
Setelah pembuatan anyaman selesai kemudian pembuatan komposit dengan menggabungkan anyaman dan resin epoksi. Besar

nilai dari hasil persentasi resin dengan serat dapat dilihat pada Tabel 4.1. Hasil pembuatan komposit kemudian dibagi menjadi dua tahap pengujian, yaitu tahap pembuatan komposit untuk pengujian tarik komposit dan tahap pembuatan panel komposit dengan susunan anyaman seperti Gambar 3.5 untuk pengujian tembak.

Tabel 4.1 Perbandingan fraksi massa pembuatan komposit tahap I

Nama	Massa serat (g)	Massa resin (g)	Massa total serat + resin (g)	Tebal pelat (cm)	Volume panel (cm^3)	Massa jenis pelat (g/cm^3)
A	59,3	88,9	148,2	0,57±0,005	116,9	1,2677
B	64,3	96,4	160,7	0,45±0,016	126,7	1,2683
C	70,4	105,5	175,9	0,39±0,007	138,7	1,2682
D	65,4	98,1	163,5	0,44±0,037	128,4	1,2733
E	66,2	99,3	165,5	0,39±0,0279	130,4	1,2691

Komposit yang dihasilkan memiliki ukuran persegi dengan ukuran 20cm x 20cm seperti pada Gambar 4.2. Pada penelitian ini digunakan lima orientasi serat pada pembuatan komposit, Persentasi antara *filler* anyaman serat rami dan serat pisang dengan jumlah matriks sama tiap orientasi yaitu sebesar 40% massa *filler* dan 60% massa matriks.

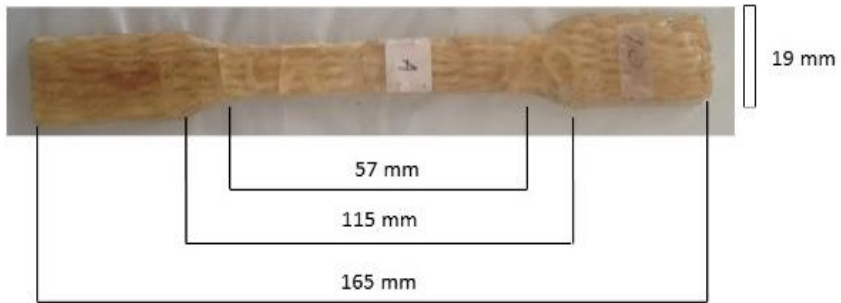


Gambar 4.2 Sampel komposit hasil eksperimen orientasi A, orientasi B, orientasi C, orientasi D, orientasi E

4.3 Hasil Pengujian Sifat Mekanik Komposit

Setelah komposit pada tahap I selesai dibuat, kemudian dilakukan persiapan spesimen uji tarik. Pada Gambar 4.3 menunjukkan bentuk spesimen komposit sesuai dengan standar ASTM D 638-03

(ASTM, 2004) dengan menggunakan mesin uji tarik statis dengan Merk MFL Piuf-Und Me Bysteme GmbH D6800 Mannheim untuk mengetahui sifat mekanik dari bahan yang berada di Fakultas Teknik Mesin Universitas Brawijaya.



Gambar 4.3 Bentuk spesimen uji tarik

Pada penelitian ini, didapatkan hasil pengukuran kuat tarik pada masing-masing orientasi komposit. Tabel 4.2 menunjukkan nilai kuat tarik yang didapat tiap orientasi.

Tabel 4.2 Nilai pengukuran kuat tarik pada tiap orientasi komposit

Nama Sampel	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)	Densitas (g/cm^3)	Modulus young (MPa)
A	47 ±4	0,026±0,001	1,267±0,001	11421,14
B	35±3	0,026±0,005	1,268±0,001	9868,61
C	37±12	0,016±0,001	1,268±0,001	10859,67
D	41±3	0,026±0,003	1,273±0,001	10233,62
E	52±4	0,040±0,001	1,269±0,001	10099,13

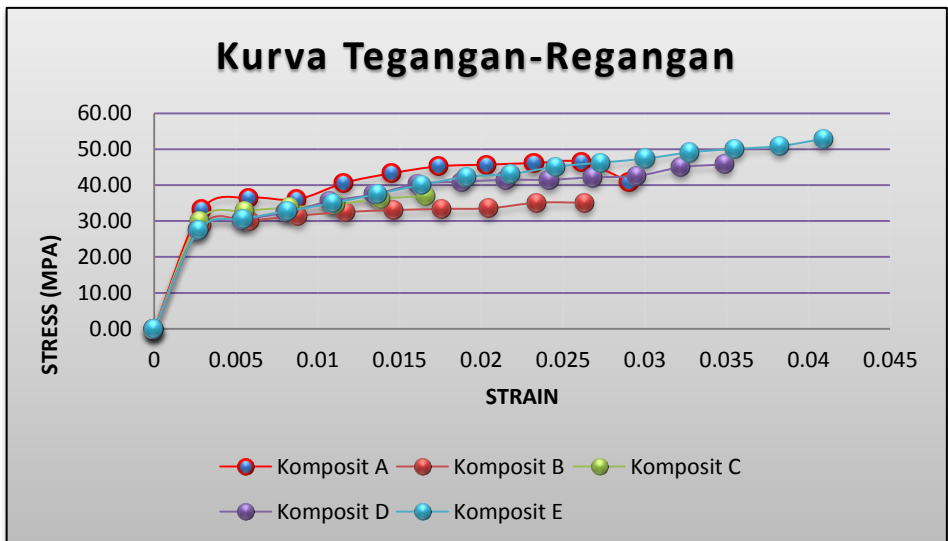
Berdasarkan Tabel 4.2 menunjukkan bahwa dengan adanya pemberian orientasi pada masing-masing sampel komposit mengakibatkan adanya perbedaan kuat tarik dan pertambahan panjang tiap orientasi.

Nilai kuat tarik tertinggi diperoleh orientasi E sebesar (52 ± 4) MPa, sedangkan nilai terendah dimiliki orientasi B sebesar (35 ± 3) MPa. Pada hasil pengukuran kuat tarik komposit diperoleh perbedaan nilai kuat tarik pada setiap orientasi, hal ini disebabkan karena orientasi serat yang searah dengan pembebanan atau searah dengan gaya tarik yang diberikan maka kuat tarik dan regangan dari bahan tersebut akan meningkat (Dwi, 2012).

4.4 Grafik Tegangan (*stress*) dan Regangan (*strain*) Uji Tarik

Untuk melihat kualitas suatu bahan yang digunakan sebagai bahan tahan peluru ditunjukkan dengan nilai tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*), semakin besar nilai tegangan-regangan maka akan semakin baik untuk digunakan sebagai bahan peredam energi. Energi yang diserap pada saat uji pukul (*impact*) merupakan daerah yang diarsir dibawah kurva tegangan-regangan uji tarik (Hadi, 2016).

Gambar 4.4 menunjukan nilai tegangan-regangan pada tiap orientasi yang berbeda dengan laju penarikan yang sama yaitu sebesar 20KN dengan laju 1.6 liter/menit.



Gambar 4.4 Kurva tegangan-regangan tiap orientasi

Berdasarkan dari Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa pada grafik tegangan-regangan pertama yaitu grafik spesimen dengan orientasi anyaman A memiliki nilai kuat tarik tertinggi (*ultimate tensile strenge*) yaitu sebesar (47 ± 4) MPa dengan elongasi sebesar $0,026\pm0,001$. Selanjutnya pada orientasi B, merupakan orientasi yang menggunakan serat yang sama pada orientasi A yaitu serat rami dengan arah serat yang melintang atau horisontal didapatkan nilai kuat tarik yang berbeda dengan orientasi pertama dengan nilai lebih kecil. Nilai tertinggi pada orientasi ini sebesar (35 ± 3) MPa dengan nilai elongasi $0,026\pm0,005$.

Pada orientasi C dan orientasi D merupakan dua orientasi yang sama menggunakan serat pisang Abaka, nilai tertinggi yang didapat pada orientasi C yaitu sebesar (37 ± 12) MPa dengan elongasi $0,016\pm0,001$, sedangkan pada orientasi D nilai kuat tarik tertinggi sebesar (41 ± 3) MPa dan nilai elongasi $0,026\pm0,003$.

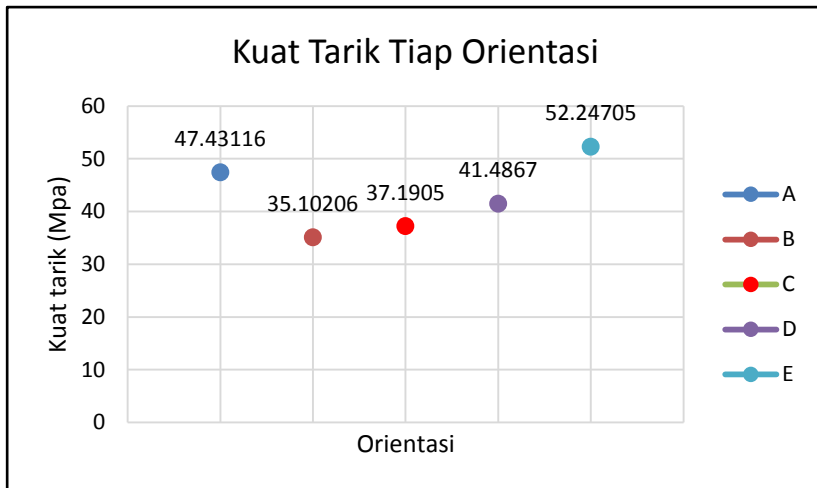
Orientasi E merupakan sorientasi anyaman dengan serat campuran antara serat rami dan serat pisang Abaka yang kemudian dijadikan anyaman dan dilakukan pengujian tarik untuk diketahui *ultimate tensile stenge (UTS)* dari gabungan serat tersebut. Grafik tegangan-regangan pada orientasi ini terlihat sangat baik dengan nilai kuat tarik dan elongasi yang paling besar diantara orientasi yang lain, nilai kuat tarik tertinggi sebesar (52 ± 4) MPa dan elongasi $0,0402$.

4.5 Pembahasan Hasil Uji Tarik

Pada eksperimen ini dilakukan pengukuran kuat tarik dari dua serat dengan lima variabel dengan orientasi anyaman seperti pada Gambar 3.4. Arah gaya tarik yang diberikan sama tiap variabel namun posisi atau orientasi tiap anyaman berbeda seperti pada Gambar 4.2A dan 4.2B yang merupakan dua anyaman dengan serat yang sama yaitu serat rami namun memiliki perbedaan pada Arah vertikal dan arah horisontalnya, dimana serat yang A memiliki kerapatan arah vertikal lebih tinggi dibandingkan dengan arah horisontalnya sehingga ketika diberikan gaya dengan arah vertikal atau searah pembebanan serat ini lebih kuat menahan gaya yang diberikan pada uji tarik. Karena arah orientasi serat berkaitan erat dengan penyebaran gaya yang bekerja pada komposit. Distribusi dari serat paling maksimum jika arah serat paralel dengan arah pembebanan (Munasir, 2011). Orientasi serat B

merupakan kebalikan dari serat A, nilai kuat tarik dari komposit dengan orientasi B melemah karena diakibat oleh arah serat yang tidak searah atau arah serat berlawanan dengan arah pembebanan mengakibatkan tidak meratanya distribusi sempurna kekuatan komposit. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2, dimana penggunaan orientasi pada komposit dengan anyaman (*woven*) dapat menghasilkan nilai kuat tarik yang berbeda tiap orientasi sesuai dengan arah pemberian gaya pada orientasi tersebut.

Berdasarkan hasil pengujian tarik yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa perbedaan antara penggunaan serat rami dan serat pisang Abaka berdasarkan nilai kuat tariknya menurut Brother (2003) nilai kuat tarik dari pisang Abaka lebih besar dibandingkan nilai kuat tarik dari rami. Nilai ini berbeda dengan hasil pengujian dimana nilai kuat tarik serat rami lebih tinggi pada orientasi serat searah dengan arah pemberian gaya dengan nilai kuat tarik (47 ± 4) MPa sedangkan pada serat pisang Abaka dengan orientasi yang sama mendapati nilai sebesar (41 ± 3) MPa hal ini terjadi karena kandungan kimia pada serat seperti lignin dan pektin pada serat rami lebih besar dibandingkan dengan kandungan kimia serat pisang Abaka, sehingga pada saat pemberian perlakuan alkali pada serat maka hemiselulosa, lignin dan pektin hilang maka kekuatan serat alam akan menurun karena kumpulan microfibril penyusun serat yang disatukan oleh lignin dan pektin akan terpisah, sehingga serat hanya berupa serat-serat halus yang terpisah satu sama lain (Maryanti dkk, 2011). Hal ini terjadi pada serat pisang Abaka yang memiliki nilai lignin dan pektin yang lebih sedikit sehingga mengakibatkan turunnya nilai kekuatan tarik dari serat ini pada saat pemberian perlakuan alkali pada serat. Pada Gambar 4.5 menunjukkan nilai masing-masing orientasi



Gambar 4.5 Nilai kuat tarik tiap orientasi

Pengukuran kuat tarik pada kelima orientasi serat didapatkan bahwa orientasi E memiliki nilai kuat tarik paling tinggi dibandingkan kelima orientasi lainnya. Begitu juga untuk nilai elongasi pada orientasi E juga paling tinggi dibandingkan dengan lainnya. Hal ini disebabkan oleh orientasi ini menggunakan paduan dua serat yang dipadukan dan arah orientasi serat ini searah dengan datangnya gaya tarik yang diberikan pada anyaman komposi. Penggunaan dua jenis serat berbeda yang kemudian digabungkan dalam bentuk anyaman menghasilkan nilai kuat tarik yang sangat baik, terlihat dari hasil nilai kuat tariknya sebesar (52 ± 4) MPa. Hal ini juga karena pendistribusian energi pada serat gabungan lebih merata pada saat pemberian gaya tarik oleh mesin uji dibandingkan hanya menggunakan satu jenis serat. Sehingga mampu menahan gaya tarik yang diberikan hingga akhirnya serat tersebut tidak mampu menahan lagi gaya tarik hingga akhirnya putus atau patah pada nilai kuat tarik tertingginya (*ultimate tensile strenge*).

Sedangkan nilai kuat tarik terendah pada orientasi B, dimana arah anyaman serat berlawanan dengan gaya yang diberikan dan serat yang digunakan pada orientasi ini merupakan anyaman dengan satu jenis serat. Hal ini juga membuktikan bahwa orientasi serat

berpengaruh pada gaya yang diberikan dan pendistribusian pada orientasi ini menunjukkan bahwa tidak meratanya energi antar serat pada saat diberikan gaya tarik pada bahan komposit sehingga bahan mudah patah (*brittle*).

4.7 Pembuatan Panel Komposit

Pada pembuatan komposit tahap ini yaitu pembuatan panel komposit dengan menggunakan dua macam anyaman serat yaitu serat rami dan serat pisang Abaka yang disusun seperti pada Tabel 4.3, pembuatan panel komposit ini menggunakan perbandingan fraksi massa sebesar 40%:60% dimana 40% serat *filler* dan 60% matriks. Hasil perhitungan fraksi massa panel komposit dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Susunan anyaman panel komposit

No	Kode Panel	Susunan anyaman
1	P1	A/C/A/C
2	P2	E/E/E/E
3	P3	B/D/B/D
4	P4	A/D/A/D
5	P5	B/C/B/C

Tabel 4.4 Hasil perbandingan fraksi massa *filler* dan matriks panel

Nama	Massa serat (g)	Massa resin (g)	Massa total serat + resin (g)	Tebal pelat (cm)	Volume panel (cm^3)
P1	222,2	333,2	555,4	1,872±0,023	437,8
	206,7	310	516,7	1,837±0,044	426,8
P2	220,9	331,4	552,3	1,645±0,038	435,5
	224,4	336,5	560,9	1,585±0,018	442,2

P3	225,3	337,9	563,2	$1,985 \pm 0,026$	444,1
	206,7	310,0	516,7	$1,837 \pm 0,044$	426,8
P4	213,9	365,8	579,7	$1,647 \pm 0,048$	460,7
	221,6	332,4	554,0	$1,910 \pm 0,032$	436,8
P5	224,2	336,2	560,4	$1,967 \pm 0,060$	441,7
	214,2	321,2	535,4	$1,717 \pm 0,008$	464,0

Panel komposit yang telah selesai dibuat kemudian di uji tembak untuk mengetahui efek redaman energi proyektil yang dilontarkan sebuah pistol pada saat panel komposit ditembakkan dengan jarak 5 m dan ditembak dengan proyektil peluru level IIA. Spesifikasi untuk level IIA ditunjukkan pada Tabel 4.5. Level IIA merupakan level terendah menurut energi kinetik yang dihasilkan peluru tersebut dan biasa digunakan dalam pengujian tembak pada tahap awal dan jika bahan balistik tidak tertembus pada level ini maka akan dilanjutkan pengujian level II kemudian dilanjutkan pengujian berikutnya dengan level yang lebih tinggi.

Tabel 4.5 Balistik level standar NIJ

Threat Level	Bullet Caliber and Type	Bullet Mass (grains)	Impact Velocity	
			ft/s	m/s
IIA	9mm full metal jacket round nose	124	1120	341
	40 S&W full metal jacket	180	1055	322
II	9mm full metal jacket, round nose	124	1205	367
	.357 magnum jacketed	158	1430	436
IIIA	9mm full metal jacket, round nose	124	1430	436
	.44 magnum semi-Jacketed hollow point	240	1430	436
III	7.62 NATO fl metal jacket (M80 Ball)	148	2780	847
IV	.30 caliber armor piercing (AP M2)	166	2880	878

(Sumber: National Institute of Justice, 2005)

Hasil pengujian tembak dapat dilihat pada Tabel 4.6 menunjukan hasil dari pengujian tembak panel komposit. Analisis hasil uji balistik meliputi pengukuran kedalaman penetrasi peluru yang tembus dan mengamati kerusakan yang terbentuk pada panel komposit.

Tabel 4.6 Hasil pengujian tembak panel komposit

Nama	Kecepatan Peluru (m/s)	Massa peluru (Kg)	Energi Kinetik (J)	Kedalaman Penetrasi (cm)	Berhenti Pada Papan (lapis)
P1	364,24	0,124	8225,588	17,5	7
	365,46		8280,782	20,0	8

P2	369,42	0,124	8461,210	15,0	6
	370,33		8502,947	15,0	6
P3	367,28	0,124	8363,465	17,5	7
	370,03		8489,176	20,0	8
P4	368,50	0,124	8419,119	15,0	6
	369,11		8447,015	12,5	5
P5	372,77	0,124	8615,363	15,0	6
	366,06		8307,995	15,0	6

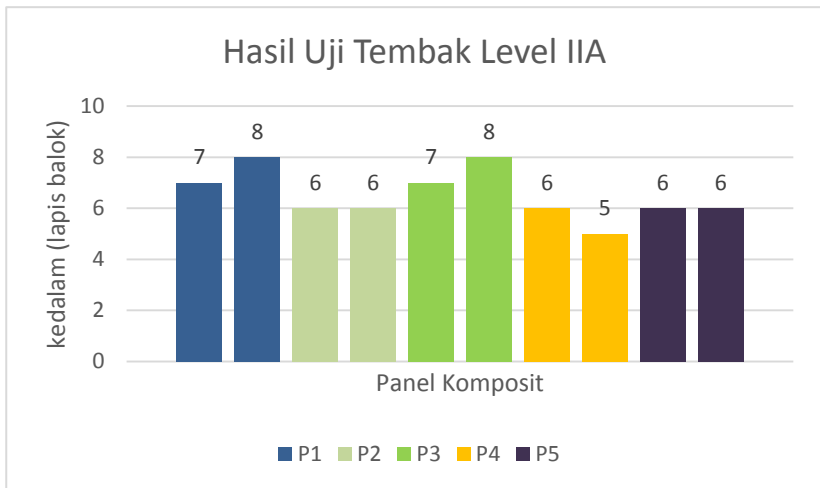
Pada Tabel 4.6 dapat dilihat dari hasil pengujian bahwa semua panel komposit terperforasi (tembus) dengan perbedaan pemberhentian peluru pada balok kayu yang terletak dibelakang panel. Perhitungan energi yang teredam tidak dapat terukur karena alat uji (*chronograph*) kedua untuk mengukur kecepatan setelah tumbukan tidak dapat digunakan mengingat resiko yang timbul apabila alat tersebut rusak akibat terkena proyektil yang meleset dan mengenai alat uji (*chronograph*). Energi proyektil yang ditembakkan sangat besar sehingga pada penelitian ini menggunakan perhitungan kedalaman penetrasi proyektil setelah proyektil ditumbukkan ke panel. Balok kayu yang digunakan pada penelitian ini adalah balok kayu jenis Akasia yang berumur sekitar 7 tahun yang memiliki sifat mekanik dan kekuatan fisik seperti pada Tabel 4.7 menurut (Arsad, 2011).

Tabel 4. 7 Kekuatan fisik dan Mekanik kayu Akasia

No	Sifat Fisik dan Mekanik	Ketinggian Batang	
		150 cm	300 cm
1.	Kadar air (%)	13,78	14,89
2.	Kerapatan (gr/cm^3)	0,62	0,60
3.	Berat Jenis	0,61	0,59
4.	Kekuatan tekan sejajar serat (kg/cm^3)	361,7	319,54
5.	Kekuatan tekan tegak lurus serat (kg/cm^3)	197	117
6.	Kekuatan lentur / MOR/ (kg/cm^3)	680,5	509,25
7.	Keteguhan belah (kg/cm^3)	110,9	80,25
8.	Kekuatan tarik tegak lurus serat (kg/cm^3)	133,03	98,27
9.	Kekuatan geser sejajar serat (kg/cm^3)	149,43	93,53
10.	Kekerasan (kg/cm^3)	565	453

4.8 Pembahasan Hasil Uji Tembak

Nilai terendah penetrasi proyektil yaitu pada panel 4 (P4) berhenti pada lapisan balok kayu ke-5 atau sama dengan 12,5 cm dan tertinggi pada panel 1 dan panel 3 dengan lapisan balok kayu ke-8 atau 20 cm. Jika diamati baik pada panel 1 dan panel 3 memiliki susunan anyaman yang mirip, dimana terdapat satu anyaman melintang (*horizontal*) dan satu anyaman tegak lurus (*vertical*) sehingga pada saat panel komposit menerima energi kinetik proyektil kemudian menumbuk bahan panel tersebut tidak terjadi distribusi atau penyebaran energi kesegala arah secara merata, Sehingga energi kinetik dari proyektil ini dengan mudah merusak ikatan antar anyaman. Sedangkan pada panel komposit (P4) susunan anyaman dengan orientasi serat yang searah dan nilai kuat tarik yang tinggi pada orientasi masing-masing. Sehingga energi dari proyektil tersebar merata, namun besarnya energi proyektil bahan tidak kuat menahan dan baru teredam pada lapisan balok ke-5 dengan kedalaman 12,5cm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6 grafik hasil uji tembak.



Gambar 4.6 Grafik hasil uji tembak

Kerusakan hasil pengujian tembak panel komposit dapat dilihat pada Gambar 4.7 hasil uji tembak. Dampak yang dihasilkan oleh tumbukan proyektil peluru pada panel komposit yaitu terbentuk lubang yang lebih kecil dari diameter proyektil. Ini terjadi karena

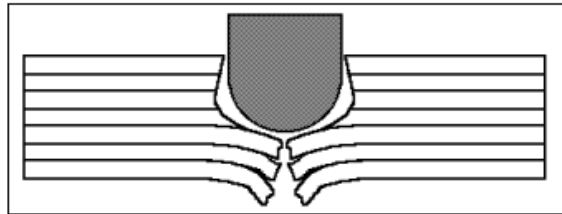
bahan memiliki elastisitas yang mampu menutup lubang yang terbentuk. Kekerasan panel komposit yang dibuat dalam penelitian ini tidak memiliki nilai kekerasan (tidak terukur). Kemampuan bahan untuk menahan peluru tidak hanya ditentukan oleh kekerasan. Nilai kuat tarik dan elongasi bahan juga menjadi faktor yang sangat penting karena dua hal tersebut sangat berpengaruh terhadap energi impact (*impact*) suatu bahan (Hadi, 2016).



Gambar 4.7 Hasil uji tembak panel

Pada Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa hasil pengujian tembak panel dari tampak depan dan tampak belakang, dimana terdapat perbedaan kerusakan yang terbentuk pada bagian depan panel terlihat lubang yang terbentuk akibat terjangan peluru dan pada bagian belakang panel terlihat seperti pecahan kaca yang menyebar dibagian sisinya namun tidak terlihat lubang seperti bagian depan. Bagian belakang panel penunjukan kerusakan pada resin epoksi yang menjadi matriks atau penguat pada komposit, kerusakan pada panel terpusat pada satu daerah saja tidak meluas dan merusak semua bagian panel komposit, kerusakan hanya berada disekitar lubang atau kawah yang dihasilkan oleh proyektil. Hal ini terjadi karena tumbukan yang singkat antara proyektil dengan bahan yang ditumbuk yaitu panel komposit, ini merupakan ciri dari kerusakan akibat impact (*impact*) dengan kecepatan tinggi. Jika kerusakan pada impact dengan kecepatan rendah, kerusakan pada panel akan dipengaruhi oleh

besarnya diameter proyektil yang menumbuk (Ellis, 1996), kerusakan yang sama juga terjadi pada semua panel komposi. Kerusakan pada komposit dapat dilihat seperti pada Gambar 4.8 menunjukan skema terjadinya kerusakan pada panel.



Gambar 4.8 Skema terjadinya kerusakan

Kerusakan yang terjadi pada panel komposit diakibatkan oleh tumbukan proyektil yang merusak matriks yang kemudian retak dan diteruskan kebagian dalam lapisan berikutnya yang merupakan serat atau *filler* yang juga mengalami kerusakan akibat terdorongnya matriks kedalam dan memotong serat yang diikuti dengan berkurangnya energi kinetik dari proyektil hingga energi tersebut habis atau teredam. Proyektil yang menumbuk bahan bergerak dengan kecepatan tinggi dan proyektil berputar yang mengakibatkan rusaknya ikatan antara serat yang berada didalam matriks, putaran ini juga mampu masuk kedalam celah-celah anyaman serat yang tidak terlalu rapat atau ada ruang yang terbentuk pada panel sehingga proyektil tidak teredam oleh serat dan hanya melewati saja tanpa memusnahnya.

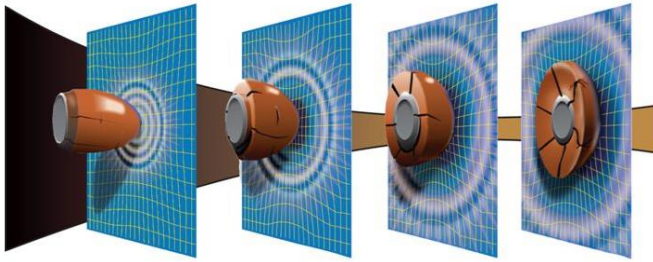
Jarak penembakan pada penelitian ini adalah 5m, menurut *National Institute of Justice* (NIJ) hal ini dikarenakan pada jarak ini proyektil memiliki energi kinetik maksimal. Kecepatan dan putaran proyektil yang keluar dari larasnya maksimal terjadi pada jarak 5 m dan pada jarak ini hambatan dari udara dan gaya gravitasi sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Panel tahan proyektil harus memiliki kemampuan menyerap energi yang besar yang ditimbulkan oleh peluru. Salah satu cara untuk melakukan proses penyerapan energi yang efektif adalah dengan menyebarkan energi yang terserap dari peluru tersebut secara merata ke bagian-bagian panel lainnya sehingga hal inilah yang mampu membagi tekanan yang ditimbulkan dari peluru secara merata ke seluruh bagian panel, dengan adanya beban

atau tekanan yang terbagi secara merata ke seluruh bagian panel maka secara otomatis akan mengurangi beban atau tekanan terpusat yang mana beban terpusat inilah yang mampu menembus panel.

Redaman energi dihitung sebagai keseluruhan energi yang terserap oleh bahan setelah terjadi impak (*impact*), untuk melakukan analisis terhadap redaman energi proyektil dapat menggunakan persamaan :

$$E = \int_{\varepsilon_0}^{\varepsilon_a} \sigma(\varepsilon) d\varepsilon$$

Dimana E energi yang diserap, σ stress dan ε strain, kekuatan redaman energi suatu bahan berbanding lurus dengan kekuatan tariknya (Hadi, 2016). Pada saat terjadi tumbukan atau impak (*impact*) akan terjadi perubahan energi dari energi kinetik menjadi energi panas. Energi panas terbentuk karena adanya gesekan antarmolekul saat bergetar akibat dikenai tumbukan. Pada penelitian ini energi kinetik peluru hanya diubah sebagian menjadi energi panas disekitar lubang dan sebagian digunakan untuk menembus bahan atau panel komposit. Redaman energi impak peluru dapat dilihat pada Gambar 4.9 ilustrasi redaman energi impak.



Gambar 4.9 Ilustrasi redaman energi impact

(Sumber: National Institute of Justice, 2005)

Panel komposit akan menyebarkan energi akibat tumbukan peluru yang kemudian akan terjadi perpindahan energi kinetic menjadi energi panas disekitar terjadinya tumbukan.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Bahan serat alam berupa serat pisang Abaka dan serat rami dapat digunakan sebagai bahan komposit peredam energi kinetik proyektil.
- 2) Orientasi serat pada komposit berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit dengan nilai kuat tarik terbaik pada orientasi E sebesar 52 ± 4 MPa sedangkan nilai kuat tarik terendah pada orientasi B yaitu sebesar 35 ± 3 MPa.
- 3) Hasil pengujian balistik level II-A menunjukkan semua sampel tembus dengan nilai terbaik pada panel 4 (P4) proyektil berhenti pada lapisan ke 5 balok, sedangkan nilai terendah pada panel 1 (P1) dan panel 3 (P3) proyektil berhenti pada lapisan ke 8 balok.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya diharapkan penggunaan komposit berbahan serat alam dapat dipadukan dengan material lain sehingga mampu menahan energi dari proyektil.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Ardi, M. (2016, March 29). *Pengertian Selulosa*. Diambil kembali dari <http://www.sridianti.com/pengertian-selulosa>
- Arsyad, A. (2011). *Media Pembelajaran*. Jakarta : Raja Grafindo Persada.
- Brother, j. (2013). *Composite Application Using Coir fiber In Sri Lanka*, Project Number CFC/FIGHF1/8FT. Belanda.
- Dwi, P. S. (2012). *Pengaruh Orientasi dan Fraksi Volume Serat Daun Nanas (Ananas Comosus) Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Takjenuh (UP)*, volume 2 no 1. Dinamika Teknik Mesin.
- E, M., & dkk. (2009). *Identification of Ramie Single Fiber Surface Topography Influenced by Solvent-Based Treatment*, Industrial Textiles, Vol 39.No 1.
- Ellis , R. (1996). *Ballisti Impact Resistance of Graphite Epoksi Composite with Shape Memory Alloy and Extended Chain Polyethylene Spectra Hybrid Composite*, Virginia: Faulty of the Virginia Polytechnic Institut and State University.
- Fahmi, H., & Harry, H. (2011). *Pengaruh Orientasi Serat Pada Komposit Resin Polyester Serat Daun Nanas Terhadap Kekuatan Tarik*, Teknik Mesin Vol. 1 No. 1.
- Gaylord, M. W. (1974). *Reinforcement Plastics, Theori and Practice, 2nd edition*, Massachuset: Cahner Boks.
- Hadi, S. (2016). *Teknologi Bahan Edisi I*, ANDY. Yogyakarta.
- Hamdana, A., & dkk. (2016). *The Effect of Customized Woven and Stacked Layer Orientation on Tensile and Flexutural Properties of Woven Kenaf Fibre Reinforced Epoxy Composite*, Univesiti Putra Malaysia.
- Hariyanto, A. (2015). *Karaktrisasi Alkali Berpenguat Serat Rami Pada Komposit Bermatrik Poliester Terhadap Kekuatan Bending*.
- J, R. D. (2004). *Tensile testing Second Edition* , New York : ASM International.
- Klemens. (2009). *Pengembangan Komposit Berbahan Dasar Serat Pisang Abacca dan Resin Epoksi Dikombinasikan Dengan Keramik Untuk Panel Rompi Tahan Peluru Level IIIA*, FT UI.
- Maryanti, B., Soenif, A., As'ad, & Slamet, W. (2011). *Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap*

Kekuatan Tarik, Jurnal Rekayasa Mesin. Vol 2, No. 2, pp. 123-129.

May, C. A. (1987). *Epoxy Resin*, Engineering Material Handbook Vol.1; Composite : 66-78.

Mohanty, A. K., & dkk. (2000). *Coir-Polyester composites: Effect on fibre surface treatment on mechanical properties of composite*, Rout &, International Plastics Engineering and Technology, Vol.04.

Mukasey, B. M. (2008). *Ballistic Resistance of Body Armor*.

Munasir. (2011). *Studi Pengaruh Orientasi Serat Fiber Glass Searah dan Dua Arah single layer Terhadap Kekuatan Taarik Bahan Komposit Polypropylene*, Vol.1 No.1 Universitas Negeri Surabaya. Indonesia.

NIJ. (2005). Standar-0101.06. *Department of Justice Office of Justice Program*, US.

Peijs, T. (2002). *Composite Turn Green*, Journal e-Polymers 2002 No.T 002. Queen Mary, University of London, Department of Material. UK.

R, E. S., & R, B. a. (1995). *Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering 6th Edition*, New York : Reed Educational and Professional Publishing Ltd.

Rohatgi, P. K., & dkk. (1983). *Alkali treatment for coir fibres for coir polyester composites*, Research regional laboratory. India.

Santoso, Heru, & Soekrisno. (2009). *Preliminary Investigation on Bulletproof Panels Made from Ramie Fiber Reinforced Composites for NIJ Level II, IIA, and IV*.

Smith, W. F. (2009). *Mterials and Materials Science*, Mc Graw-Hill. Florida.

Srimulyani. (2017, March 29). *Komponen Kimia Kayu*. Diambil kembali dari Komponen Kimia Kayu: <http://srimulyani.blogspot.co.id>

Sriwita, D., & Astuti. (2014). *Pembuatan dan Karakterisasi Sifat Mekanik Bahan Komposit serat Daun Nanas-Polyester Ditinjau Dari Faksi Massa dan Orientasi Serat*.

Sudiro, D. (2014). *Rami Tanaman Asli Indonesia Untuk Meningkatkan Kemandirian Kebutuhan Alat Pertahanan*, bulletin balitang STT No2289 Volume VII nomor 13.

Suhendri, J. (2013). *Makalah Serat Alam Teknik Industri Tekstil Akademi Industri Tekstil Bandung*.

- Supraptiningsih . (2012). *Pengaruh Serbuk Serat Batang Pisang Sebagai Filler Terhadap Sifat Mekanis Komposit PVC-CACO₃*.
- Surono, U., & Sukoco. (2016). *Analisa Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Serat Ijuk Dengan Bahan Matrik Poliester*.
- Tanuwidjaya, M. (2016). *Pengaruh Fraksi Volume Komposit Paduan Serat Pisang Abacca dan Serat Rami Terhadap Sifat Mekanis*.
- Wang, T. P., Kolyaba, C. P., & Sokhansanj. (2002). *Flax Fiber Reinforced Thermoplastic Composites*, Journal The Society f Eng. In Agriculture, food and Biological Systems, Dep. Of Agriculture and BioresourceUniv. Saskatchewan.Canada.
- wikipedia. (2017, January 23). *Kevlar*. Diambil kembali dari Kevlar: <http://en.Wikipedia.org>
- Xie Yanjun, Callum A.S.Hill, Holger, M., & Carsten Mai. (2010). *Silane Coupling Agents Used for Natural Fiber/Polymer Composite*, Elsevier. United Kingdom.
- Xue Li, & dkk. (2007). *Chemical Treatment of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composite*.
- Yahaya, R., Sapuan, M. S., Jawaaid, & Leman. (2016). *Investigating Balisltic Impact Properties of Woven Kenaf-Aramid Hybrid Composite*, Serdang, Malaysia.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

Lampiran

A. lampiran Hasil Uji Tarik

A. 1 Nilai pengukuran kuat tarik pada komposit orientasi A

Nama Sampel	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)	Densitas (g/cm^3)	Modulus young (MPa)
S1a	43,790	0,0261	$1,267 \pm 0,0011$	11421,14
S1b	58,885	0,0250	$1,267 \pm 0,0011$	11421,14
S1c	41,958	0,0247	$1,267 \pm 0,0011$	11421,14
S1d	40,073	0,0332	$1,267 \pm 0,0011$	11421,14
S1e	52,447	0,0245	$1,267 \pm 0,0011$	11421,14

A. 2 Nilai pengukuran kuat tarik pada komposit orientasi B

Nama Sampel	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)	Densitas (g/cm^3)	Modulus young (MPa)
S2a	26,373	0,0275	$1,268 \pm 0,0011$	9868,61
S2b	43,609	0,0264	$1,268 \pm 0,0011$	9868,61
S2c	35,304	0,0026	$1,268 \pm 0,0011$	9868,61
S2d	36,752	0,0265	$1,268 \pm 0,0011$	9868,61
S2e	33,470	0,0251	$1,268 \pm 0,0011$	9868,61

A. 3 Nilai pengukuran kuat tarik pada komposit orientasi C

Nama Sampel	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)	Densitas (g/cm^3)	Modulus young (MPa)
S3a	49,450	0,0185	$1,268 \pm 0,0011$	10859,67
S3b	38,461	0,0159	$1,268 \pm 0,0011$	10859,67
S3c	35,076	0,0168	$1,268 \pm 0,0011$	10859,67
S3d	31,964	0,0160	$1,268 \pm 0,0011$	10859,67
S3e	30,998	0,0161	$1,268 \pm 0,0011$	10859,67

A. 4 Nilai pengukuran kuat tarik pada komposit orientasi D

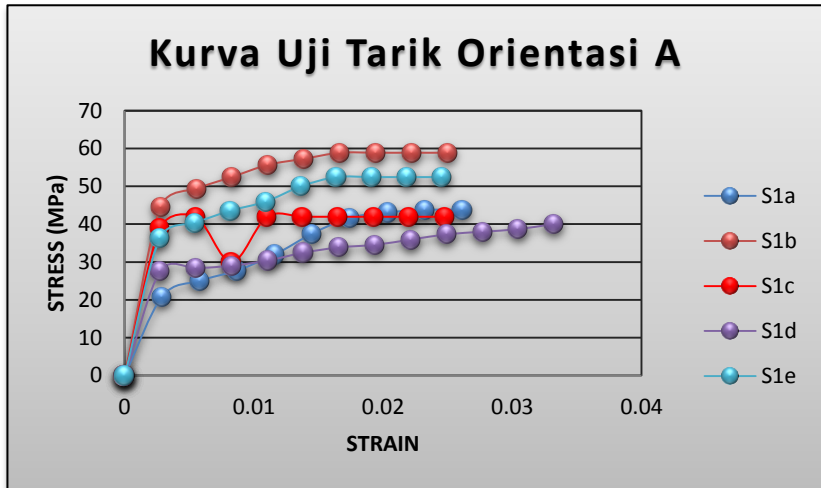
Nama Sampel	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)	Densitas (g/cm^3)	Modulus young (MPa)
S4a	51,786	0,0364	$1,273 \pm 0,0011$	10233,62
S4b	38,461	0,0238	$1,273 \pm 0,0011$	10233,62
S4c	39,014	0,0202	$1,273 \pm 0,0011$	10233,62
S4d	43,639	0,0224	$1,273 \pm 0,0011$	10233,62
S4e	34,531	0,0292	$1,273 \pm 0,0011$	10233,62

A. 5 Nilai pengukuran kuat tarik pada komposit orientasi E

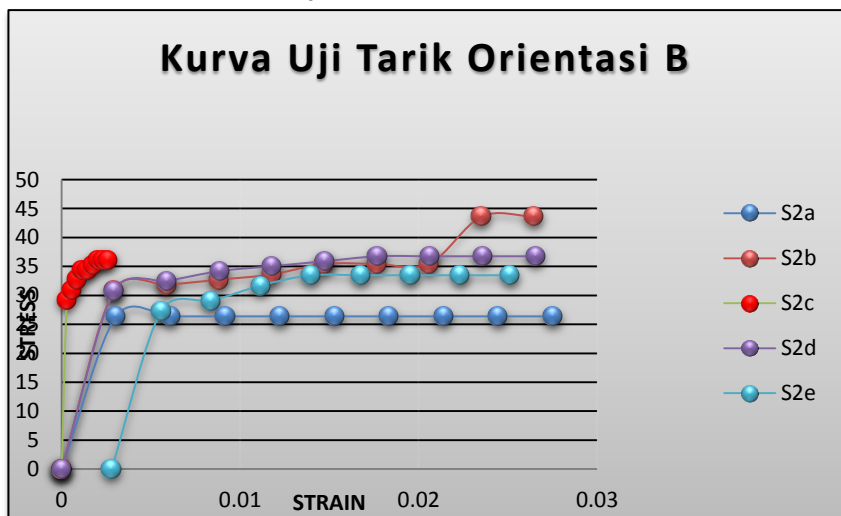
Nama Sampel	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)	Densitas (g/cm^3)	Modulus young (MPa)
S5a	51,664	0,0418	$1,269 \pm 0,0011$	10099,13
S5b	48,140	0,0393	$1,269 \pm 0,0011$	10099,13
S5c	40,865	0,0381	$1,269 \pm 0,0011$	10099,13
S5d	58,064	0,0427	$1,269 \pm 0,0011$	10099,13
S5e	62,500	0,0402	$1,269 \pm 0,0011$	10099,13

B. Lampiran Kurva Hasil Uji Tarik Tiap Orientasi

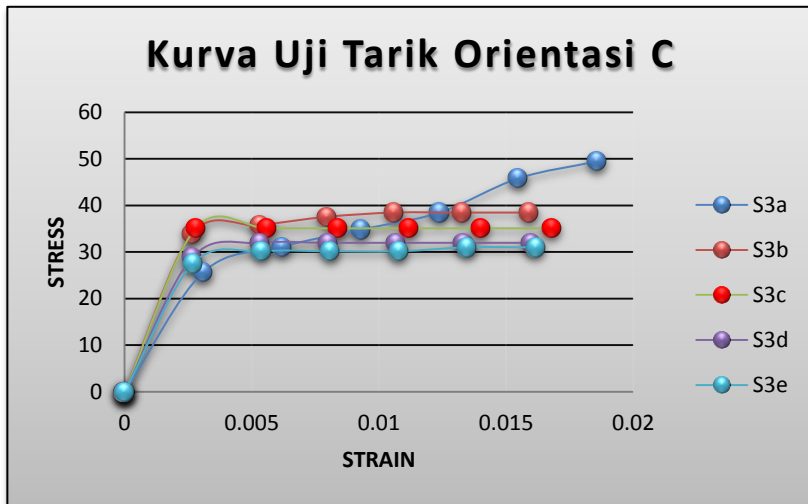
B. 1 Kurva Uji Tarik Orientasi A



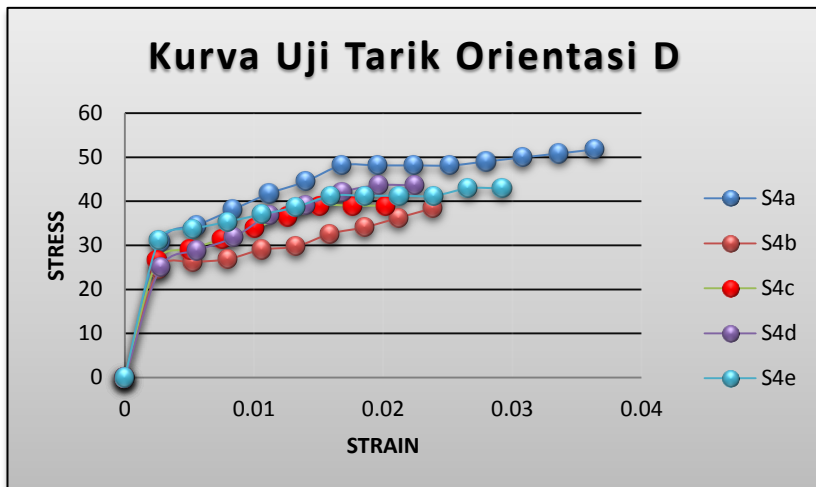
B. 2 Kurva Uji Tarik Orientasi B



B. 3 Kurva Uji Tarik Orientasi C



B. 4 Kurva Uji Tarik Orientasi D



B. 5 Kurva Uji Tarik Orientasi E

